le Scienze

Dicembre 2018
euro 4,90

edizione italiana di Scientific American

La fine della materia oscura?

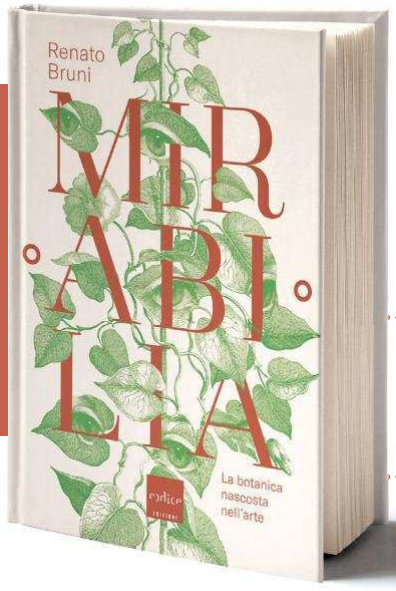
La natura di questa esotica forma di materia continua a sfuggire. Al punto che alcuni fisici ipotizzano che non sia necessaria per descrivere l'universo

Dossier
Le difficoltà della scienza tra crisi di fiducia e scarse risorse

Medicina
Come acqua e sapone hanno rivoluzionato la salute

Intelligenza artificiale
Falsificare video e audio è sempre più facile

codice EDIZIONI



RENATO BRUNI

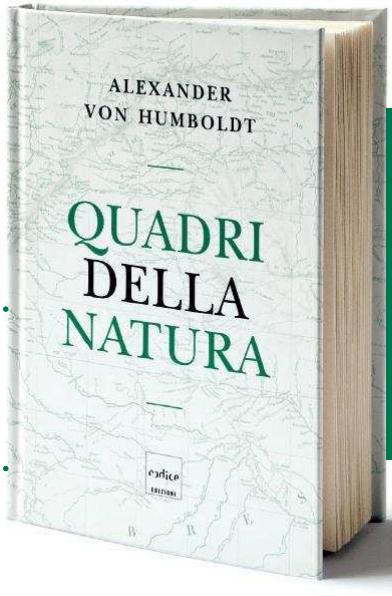
MIRABILIA

La botanica nascosta nell'arte

288 pagine | 28,00 euro

Volume illustrato a colori
18 opere d'arte

ARTE E SCIENZA INSIEME PER RACCONTARE UN MONDO NUOVO E INESPLORATO.

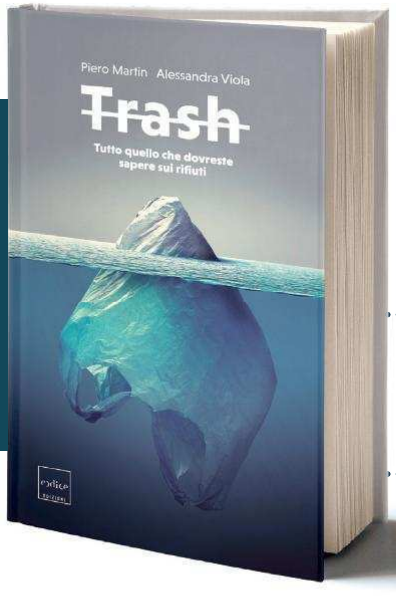


ALEXANDER VON HUMBOLDT

QUADRI DELLA NATURA

544 pagine + 40 tavole a colori
65,00 euro

UN GRANDE CLASSICO DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA, UNO STRAORDINARIO DIARIO DI VIAGGIO CHE RIVIVE ORA IN UNA NUOVA EDIZIONE ILLUSTRATA.



PIERO MARTIN | ALESSANDRA VIOLA

TRASH

Tutto quello che dovreste sapere sui rifiuti

272 pagine | 26,50 euro

Volume illustrato a colori

UN VIAGGIO DIVERTENTE E SCIENTIFICAMENTE RIGOROSO ALLA SCOPERTA DI UNO DEI TEMI CALDI DEL MOMENTO: I RIFIUTI.

facebook.com/codiceedizioni
twitter.com/codice_codice
instagram.com/codice_codice

codice EDIZIONI

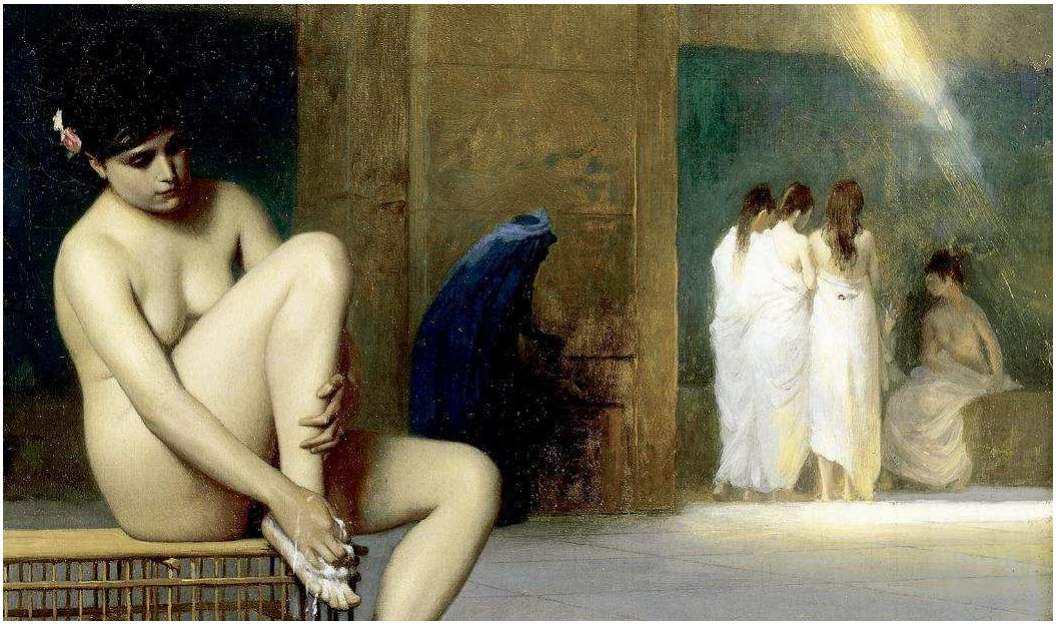
le Scienze

in copertina

La materia oscura è stata ipotizzata per spiegare, tra l'altro, l'orbita delle stelle nelle galassie. La sua natura però continua a sfuggire agli scienziati. (*Illustrazione di Kenn Brown/Mondolithic Studios*)

Sommario

dicembre 2018 numero 604



60 STORIA DELLA MEDICINA

Una rivoluzione acqua e sapone

di Arnaldo D'Amico

Convincere ricchi e poveri, come pure aristocratici e borghesi, a lavarsi per migliorare la propria igiene e vita sociale ha richiesto molti secoli e qualche colpo di scena

ASTROFISICA

28 **La fine della materia oscura?**

di Sabine Hossenfelder e Stacy S. McGaugh

Gli astrofisici hanno accumulato osservazioni difficili da spiegare con la materia oscura. È giunto il momento di considerare che la gravità potrebbe essere diversa da quello che ci ha insegnato Albert Einstein

LO STATO DELLA SCIENZA NEL MONDO 2018

36 **Una scienza da riparare**

38 **Ripensare i finanziamenti**

di John P. A. Ioannidis

Il modo in cui distribuiamo i fondi per la ricerca scientifica non favorisce i risultati migliori

42 **La questione italiana**

di Roberto Defez

Stiamo perdendo ogni opportunità di innovazione scientifica, ma così l'Italia affonda nella decrescita infelice

44 **Rendere riproducibile la scienza**

di Shannon Palus

Incentivi migliori potrebbero ridurre l'allarmante numero di studi che si rivelano errati quando sono replicati

48 **Basta molestie**

di Silvia Bencivelli

Anche in ambito scientifico il fenomeno è assai diffuso e poco combattuto

50 **L'unione fa la forza**

di Graham A. J. Worthy e Cherie L. Yestrebsky

Per risolvere i complessi problemi globali di oggi serve una scienza interdisciplinare

SISMOLOGIA

54 **Terremoti in cielo?**

di Erik Vance

Una nuova teoria controversa afferma che i segni precursori di un grande sisma potrebbero apparire in atmosfera

NEUROSCIENZE

68 **Chi ha più cervello?**

di Josh Fischman

Recenti misurazioni del potenziale cognitivo dicono che i cani battono i loro tradizionali rivali felini

INTELLIGENZA ARTIFICIALE

70 **Click, bugie e videotape**

di Brooke Borel

L'intelligenza artificiale sta mettendo alla portata di tutti la possibilità di manipolare audio e video. Il rischio più grande è che la gente non creda più a nulla

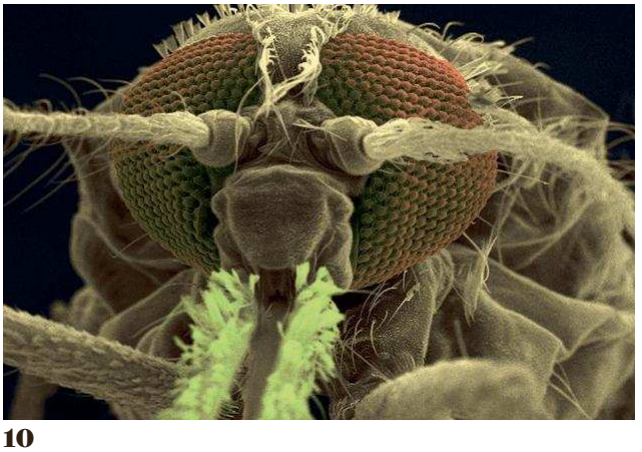
CAMBIAMENTO CLIMATICO

76 **Sott'acqua**

di Jen Schwartz

Le comunità costiere che cercano di adattarsi all'aumento del livello dei mari iniziano a fare una scelta un tempo impensabile: ritirarsi di fronte all'avanzata delle acque

Christie's Images/Artothek/Archivi Alinari



10

17

91

7 **Editoriale**
di Marco Cattaneo

8 **Anteprima**

10 **Intervista**
Cancellare le zanzare con la genetica *di Anna Meldolesi*

12 **Made in Italy**
Seguire il cervello istante per istante *di Letizia Gabaglio*

14 **Il matematico impertinente**
I numeri della lotta per la vita *di Piergiorgio Odifreddi*

15 **Scienza e filosofia**
Fuggire dalle sirene della post-verità *di Telmo Pievani*

16 **Homo sapiens**
Un ricordo del professor Segre *di Giorgio Manzi*

17 **La finestra di Keplero**
Il sorgere della Terra *di Amedeo Balbi*

88 **Coordinate**
Addio 37 °C *di Mark Fischietti*

89 **Povera scienza**
L'uomo che pesò il mondo *di Paolo Attivissimo*

90 **La ceretta di Occam**
Il vero rimbalzo del sebo *di Beatrice Mautino*

91 **Pentole & provette**
Zucchero aerato *di Dario Bressanini*

92 **Rudi matematici**
Siate folli, siate strambi
di Rodolfo Clerico, Piero Fabbri e Francesca Ortenzio

94 **Libri & tempo libero**

SCIENZA NEWS

18 Patrimoni dell'umanità a rischio
20 La perfetta sfericità dell'elettrone
20 I primi dieci anni di Borexino
21 Fontane anomale di particelle in Antartide
21 Un'esoluna grande come il pianeta Nettuno
22 La scomparsa degli artropodi
22 Topi con genitori dello stesso sesso
24 Fiumi atmosferici sulla Groenlandia
24 Un nuovo rapporto conferma i limiti della crescita
26 Brevissime

CDC/Janice Carr/AGF (*zanzara*); Cortesia NASA (*pianeta Terra*); D. Pimborough/Shutterstock (*zucchero*)

Realizzato a mano per chi cerca la perfezione.

Osservate il movimento fluido della lancetta dei secondi di un orologio con movimento Spring Drive.
È l'unico al mondo a riprodurre l'armonia dello scorrere del tempo.
I nostri maestri orologiai creano a mano questi capolavori meccanici, che garantiscono precisione fino a un secondo al giorno. Sulle superfici perfettamente lucidate del quadrante un intricato gioco di luci e ombre racconta l'estetica essenziale della manifattura artigiana giapponese.
Da oltre mezzo secolo dedicati alla perfezione.
grand-seiko.com

9R65 Spring Drive
Preciso a + / – 1 secondo al giorno.

Seiko Since 1881

GS
Grand Seiko

TAKING CARE OF THE FUTURE IS AN ART.

La Fondazione Lavazza sostiene le comunità dei coltivatori di caffè in Colombia.

ARMANDO TESTA

Questo di Huila è uno dei progetti del Calendario Lavazza 2019 #GOODTOEARTH. Sei storie che raccontano quegli interventi che hanno portato buone notizie per il nostro pianeta e che possono essere d'ispirazione per altri comportamenti virtuosi.

Scopri di più su calendar.lavazza.com
Photo by Ami Vitale - Artwork by Saype

LAVAZZA

TORINO, ITALIA, 1895

di Marco Cattaneo

Editoriale

Negare l'evidenza sull'orlo del precipizio

Il cambiamento climatico continua a causare catastrofi, ma qualcuno nega ancora il ruolo dell'uomo

Era il 13 novembre. Nel pomeriggio, alla «Sapienza» Università di Roma, si presentava il libro *Clima, basta catastrofismi*, con tanto di saluti ufficiali portati dal prorettore. La tesi, un vecchio cavallo di battaglia degli scettici, è che un cambiamento climatico c'è (e già è un passo avanti rispetto a qualche anno fa), ma poca roba (solo 0,8 °C, per un uomo quasi non è febbre, ha detto uno degli intervenuti...), e comunque non è certo opera nostra. Tanto più che nel passato la temperatura della Terra è stata anche molto più alta!

È vero. Fu milioni di anni fa. Ma è pure vero che quei cambiamenti climatici furono molto meno rapidi di quelli attuali e, soprattutto, non c'era un miliardo e mezzo di persone che vivevano sulle coste. Qualsiasi catastrofe ambientale sia accaduta, non c'era nessuno a raccontarla.

Quella presentazione seguiva di pochi giorni uno degli eventi meteorologici estremi che stanno diventando comuni anche dalle nostre parti. Inondazioni da nord a sud, morti e venti violentissimi che hanno schiantato milioni di alberi sulle Dolomiti, in provincia di Belluno. Ma non c'è nulla di cui preoccuparsi, direbbero i nostri inguaribili ottimisti.

Dall'altra parte dell'Atlantico, invece, c'è chi già da tempo sta prendendo misure estreme, nonostante l'ostinato ottimismo che si è insediato anche alla Casa Bianca. Leggete *Sott'acqua*, lo sconcertante reportage di Jen Schwartz. Racconta di come nel New Jersey le amministrazioni locali stiano riacquistando i terreni di chi abitava troppo a ridosso del mare per ricostituire zone umide a difesa degli insediamenti più interni. E presto sarà così anche in Florida, e in altre regioni dove le case sono arrivate fin sulla spiaggia. «Si ritirano i ghiacciai, si ritirano le spiagge; lo faremo anche noi», è l'amara conclusione.

Il cambiamento climatico è la più seria minaccia che dobbiamo affrontare, ma non è l'unica. Come racconta Brooke Borel in *Click, bugie e videotape*, l'intelligenza artificiale sta mettendo alla portata di tutti strumenti in grado di manipolare file audio e video in modo che siano praticamente indistinguibili dagli originali. A lanciare l'allarme, lo scorso aprile, un video di BuzzFeed News in cui Barack Obama inveiva volgarmente contro Donald Trump.

Il problema è tanto serio che la DARPA, l'agenzia della Difesa statunitense dedicata alle tecnologie, ha sviluppato un programma apposito per individuare le firme digitali dei falsi. Ma se occorreranno tecnologie sofisticate e tempi lunghi per verificare audio e video sarà uno sforzo vano, in un'epoca in cui le *fake news* fanno il giro del mondo in tempo reale. E, si sa, una volta diffuse sono refrattarie a qualsiasi smentita.

Provate a portare il discorso alle estreme conseguenze. Se diffondere falsi sempre meno verificabili sarà un gioco da ragazzi, che ne sarà della credibilità dell'informazione? Di qualsiasi informazione troveremo in rete? È possibile che la conoscenza condivisa dei fatti venga travolta dal rumore bianco dei falsi non verificati? I media diventeranno una specie di bussola per orientarsi nel caos?

Nemmeno la scienza è indenne da questa deriva, e ne accenniamo nel consueto dossier di fine anno, in cui discutiamo alcuni problemi che vanno dalla riproducibilità della ricerca alla comunicazione al pubblico. Sono tempi bui, ma qualcuno deve pur tenere la barra del timone.

Comitato scientifico

Leslie C. Aiello
presidente, Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research

Roberto Battiston
professore ordinario di fisica sperimentale, Università di Trento

Roger Bingham
docente, Center for Brain and Cognition, Università della California a San Diego

Edoardo Boncinelli
docente, Università Vita-Salute San Raffaele, Milano

Arthur Caplan
docente di bioetica, Università della Pennsylvania

Vinton Cerf
Chief Internet Evangelist, Google

George M. Church
direttore, Center for Computational Genetics, Harvard Medical School

Rita Colwell
docente, Università del Maryland a College Park e Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health

Richard Dawkins
fondatore e presidente, Richard Dawkins Foundation

Drew Endy
docente di bioingegneria, Stanford University

Ed Felten
direttore, Center for Information Technology Policy, Princeton University

Kaigham J. Gabriel
presidente e CEO, Charles Stark Draper Laboratory

Harold Garner
direttore, divisioni sistemi e informatica medici, docente, Virginia Bioinformatics Institute, Virginia Tech

Michael S. Gazzaniga
direttore, Sage Center for the Study of Mind, Università della California a Santa Barbara

David Gross
docente di fisica teorica, Università della California a Santa Barbara (premio Nobel per la fisica 2004)

Danny Hillis
co-presidente, Applied Minds, LLC

Daniel M. Kammen
direttore, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Università della California a Berkeley

Vinod Khosla
Partner, Khosla Ventures

Christof Koch
presidente dell'Allen Institute for Brain Science di Seattle

Lawrence M. Krauss
direttore, Origins Initiative, Arizona State University

Morten L. Kringelbach
direttore, Hedonia: TrygFonden Research Group, Università di Oxford e Università di Aarhus

Steven Kyle
docente di economia applicata e management, Cornell University

Robert S. Langer
docente, Massachusetts Institute of Technology

Lawrence Lessig
docente, Harvard Law School

John P. Moore
docente di microbiologia e immunologia, Weill Medical College, Cornell University

M. Granger Morgan
docente, Carnegie Mellon University

Miguel Nicolelis
condirettore, Center for Neuroengineering, Duke University

Martin Nowak
direttore, Program for Evolutionary Dynamics, Harvard University

Robert Palazzo
docente di biologia, Rensselaer Polytechnic Institute

Telmo Pievani
professore ordinario filosofia delle scienze biologiche, Università degli Studi di Padova

Carolyn Porco
leader, Cassini Imaging Science Team, e direttore, CICLOPS, Space Science Institute

Vilayanur S. Ramachandran
direttore, Center for Brain and Cognition, Università della California a San Diego

Lisa Randall
docente di fisica, Harvard University

Carlo Alberto Redi
docente di zoologia, Università di Pavia

Martin Rees
docente di cosmologia e astrofisica, Università di Cambridge

John Reganold
docente di scienza del suolo, Washington State University

Jeffrey D. Sachs
direttore, The Earth Institute, Columbia University

Eugenie C. Scott
Founding Executive Director, National Center for Science Education

Terry Sejnowski
docente e direttore del Laboratorio di neurobiologia computazionale, Salk Institute for Biological Studies

Michael Shermer
editore, rivista «Skeptic»

Michael Snyder
docente di genetica, Stanford University School of Medicine

Giorgio Vallortigara
docente di neuroscienze, direttore associato, Centre for Mind/Brain Sciences, Università di Trento

Lene Vestergaard Hau
docente di fisica e fisica applicata, Harvard University

Michael E. Webber
direttore associato, Center for International Energy & Environmental Policy, Università del Texas ad Austin

Steven Weinberg
direttore, gruppo di ricerca teorica, Dipartimento di fisica, University del Texas ad Austin (premio Nobel per la fisica 1979)

George M. Whitesides
docente di chimica e biochimica, Harvard University

Nathan Wolfe
direttore, Global Viral Forecasting Initiative

Anton Zeilinger
docente di ottica quantistica, Università di Vienna

Jonathan Zittrain
docente di legge e computer science, Harvard University

Allegato a richiesta a gennaio *I buchi neri*, di Steven Gubser e Frans Pretorius, il primo libro della nuova collana *Frontiere*

Un ritratto dei buchi neri

Poco più di tre anni fa, la prima rilevazione diretta di onde gravitazionali da parte della collaborazione statunitense LIGO ha segnato un risultato epocale nella storia della scienza. Dopo decenni dai primi tentativi, le increspature dello spazio-tempo descritte per via teorica da Albert Einstein erano finalmente finite nella rete dei ricercatori. Quella rilevazione di settembre 2015, a cui ne sarebbero seguite altre cinque, almeno finora, era stata salutata come l'ennesima riprova della correttezza della teoria generale della relatività elaborata da Einstein poco più di un secolo fa.

Onde rivelatrici

C'era però dell'altro, non meno importante agli occhi di studia il cosmo. Quelle onde gravitazionali erano state generate dalla fusione di due buchi neri lontani circa un miliardo e mezzo di anni luce dalla Terra. Cioè da due oggetti di natura così estrema al punto che per lungo tempo gli scienziati hanno addirittura dubitato della loro esistenza. La rilevazione di settembre 2015, quindi, era stata anche una prova fondamentale, una delle più recenti, dell'esistenza dei buchi neri, la cui attrazione gravitazionale è così intensa che nulla puoi sfuggirgli, nemmeno la luce: motivo per cui, tra l'altro, non è possibile osservarli in modo diretto e dunque la loro esistenza è dedotta dagli effetti sulla materia e sullo spazio-tempo circostante.

Sono tra gli oggetti più misteriosi e affascinanti del cosmo, come spiegano Steven Gubser e Frans Pretorius in *I buchi neri*, libro allegato a richiesta con «Le Scienze» di gennaio. Il libro inaugura la collana *Frontiere* che prende il posto di *La Biblioteca delle Scienze*: ogni mese a richiesta a 9,90 euro in più oltre al prezzo della rivista, i lettori potranno acquistare un libro selezionato tra i titoli di scienza più interessanti tra quelli pubblicati di recente da case editrici italiane. L'obiettivo è proporre pubblicazioni con cui il lettore possa approfondire temi di attualità della ricerca scientifica, affrontati con rigore e chiarezza.

E in effetti quale migliore esordio dei buchi neri per una collana dal nome che richiama le frontiere della scienza? Come spiegano i due autori, entrambi professori di fisica alla Princeton University, grazie a questi oggetti estremi oggi è possibile affinare la nostra conoscenza della gravità, e anche della meccanica quantistica e della termodinamica. Ma la strada per arrivare a questo punto è stata lunga. Come le onde gravitazionali, anche i buchi neri nascono come soluzioni della teoria generale della relatività, e come le onde gravitazionali, anche i buchi neri per molto tempo sono stati considerati mere speculazioni teoriche, non oggetti reali.

Indietro non si torna

Oggi però non c'è più dubbio che esistano, grazie anche a osservazioni cosmologiche degli anni sessanta e settanta. Sappiamo che l'universo è abitato da diversi tipi di buchi neri. Per alcuni di essi abbiamo ipotizzato un meccanismo di formazione, mentre la genesi di altri ancora sfugge alla nostra comprensione; addirittura ogni galassia al proprio centro dovrebbe averne uno di milioni o miliardi di masse solari, accanto a quelli di taglia più piccola, per esempio di decine di masse solari.

Abbiamo anche elaborato teorie su quello che dovrebbe accadere via via che ci si avvicina a questi oggetti. Probabilmente però non avremo mai modo di verificarle sul posto perché nulla può sfuggire a un buco nero, niente e nessuno può tornare indietro e raccontare quello che ha visto.

RISERVATO AGLI ABBONATI

Gli abbonati possono acquistare i volumi di **La Biblioteca delle Scienze** al prezzo di € 9,00, incluso il prezzo di spedizione, telefonando al numero 0864.256266. La stessa offerta è valida per richiedere i volumi delle collane **I grandi della scienza a fumetti**, **I manga delle scienze** e **Esperimenti Scientifici**: in tutti e tre i casi gli abbonati possono acquistare i volumi al prezzo di € 9,90 incluse le spese di spedizione.

Cinquant'anni di «Le Scienze»

Per festeggiare i nostri primi cinquant'anni compiuti lo scorso settembre abbiamo deciso di cimentarci in un'impresa ai limiti del titanico. Tra tutti gli articoli pubblicati su «Le Scienze» da settembre 1968 a oggi ne abbiamo selezionati 35 e li abbiamo rilegati in un volume che a dicembre potrete acquistare in edicola a 14,90 euro oltre al prezzo della rivista.

Non è stato facile. In questo mezzo secolo «Le Scienze» ha pubblicato oltre 5000 articoli, di cui almeno 130 firmati da premi Nobel. Scegliere solo tra questi ultimi avrebbe ridotto molto la difficoltà di una selezione, tuttavia non avrebbe restituito un'immagine fedele della portata dei lavori pubblicati sulla rivista. In parte anche perché non pochi articoli firmati da Nobel sono stati pubblicati prima dell'assegnazione del premio; in altre parole, alcune nostre pubblicazioni hanno anticipato i tempi.

Ieri, oggi e domani

La scelta è stata guidata dalla volontà di dare un ampio sguardo sia sulla nostra storia sia sul mondo che raccontiamo dal 1968. Con alcune perle.

Per esempio, un articolo scritto da Albert Einstein sulla sua teoria generale della relatività per il numero di aprile 1950 di «Scientific American» e riproposto da «Le Scienze» a maggio 1979, in occasione del centenario della nascita del fisico tedesco. Oppure un articolo dell'astronoma Vera Rubin, pioniera dello studio della materia oscura, che agli inizi degli anni ottanta introduceva al grande pubblico questa componente misteriosa dell'universo, che ancora oggi appassiona e fa discutere ricercatori in tutto il mondo (come spiega tra l'altro il pezzo di copertina di questo numero di «Le Scienze»). O il contributo di Daniel Kahneman e Amos Tversky del 1982; con studi in contesti economici, i due psicologi israeliani hanno dimostrato che quando operiamo scelte rischiose, spesso non ci basiamo su dati oggettivi, demolendo così il mito dell'essere umano razionale ogni volta che deve compiere una scelta. Una scoperta ancora attuale, come ancora attuale è l'articolo pubblicato nei primi anni novanta dal genetista Luigi Luca Cavalli-Sforza, che collega l'albero genealogico delle popolazioni umane all'albero delle lingue parlate nel mondo, dimostrando che l'umanità ha un'origine africana comune e che i primi esseri umani a migrare furono i nostri remoti antenati dall'Africa.

Abbiamo privilegiato articoli da numeri più vecchi, perché secondo noi si riesce ad apprezzarne meglio il valore alla luce dei tanti anni trascorsi. Troverete però anche scoperte recenti, come il bosone di Higgs o la tecnica di editing genomico CRISPR, raccontate dai protagonisti. Con lo scorrere delle pagine potrete anche notare come nel tempo è cambiato il linguaggio dei testi, la modalità di comunicare la scienza.

Con l'avvento di Internet, descritto da Vinton Cerf in suo contributo che riproponiamo, impostazione e taglio degli articoli seguono sempre di più il linguaggio giornalistico, senza mai perdere però rigore e profondità, e con un occhio anche al futuro. Un compito che cercheremo sempre di onorare.

Andrea Crisanti e colleghi hanno eliminato in laboratorio una popolazione di insetti vettori della malaria intervenendo su un gene particolare

Cancellare le zanzare con la genetica

Segnatevi questo nome: *doublesex*. È il gene che potrebbe decretare il primo successo della strategia dell'estinzione programmata degli insetti nocivi e la fine della malaria.

Secondo l'ultimo exploit, pubblicato su «Nature Biotechnology» a settembre, *doublesex* è il tallone d'Achille da colpire per eliminare geneticamente le zanzare *Anopheles gambiae* e sconfiggere una malattia che uccide ogni anno 445.000 persone. In natura, serve a determinare il sesso degli insetti, perciò scegliendolo come bersaglio è possibile ottenere una popolazione composta da maschi sani e femmine mutanti, incapaci di riprodursi.

Ora sappiamo che questo sabotaggio genetico può autosostenersi in modo efficiente generazione dopo generazione, se viene effettuato con strumenti molecolari in grado di copiarsi da soli (i cosiddetti *drive* genetici). Ne abbiamo parlato con il principale artefice del lavoro, Andrea Crisanti, dell'Imperial College London.

È arrivata la svolta che stavate aspettando?

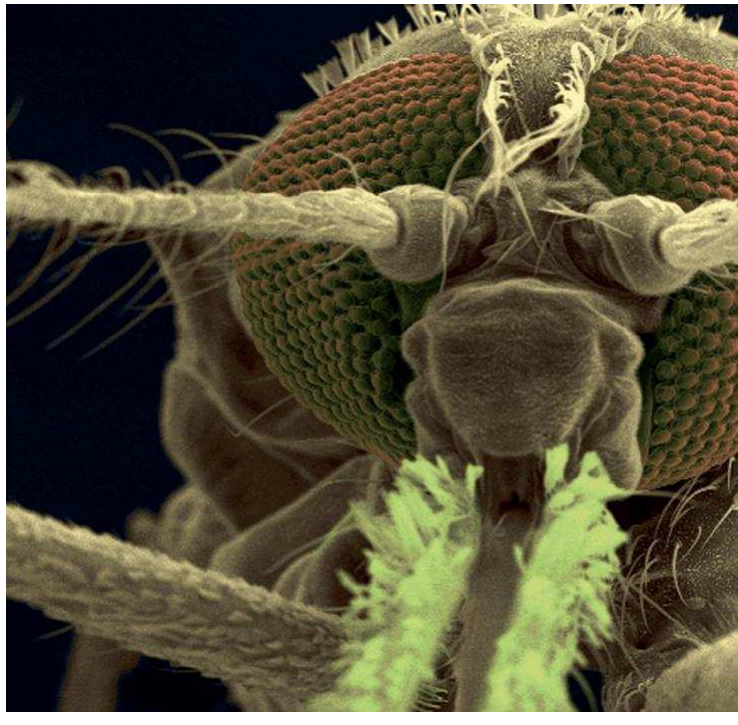
È una tappa decisiva: per la prima volta abbiamo ottenuto l'eliminazione di una popolazione in laboratorio, innescando una reazione genetica a catena che sovverte i principi dell'ereditarietà mendeliana. Dopo 7-11 generazioni non c'erano più femmine fertili, non c'erano più uova. La colonia era collassata.

Questo traguardo era considerato teoricamente possibile ma finora si era dimostrato molto difficile da raggiungere a causa dell'insorgere di fenomeni di resistenza. Il gene della fertilità che avevamo usato come bersaglio prima di *doublesex* aveva una certa flessibilità strutturale, per cui generava mutazioni che impedivano ai drive di lavorare, interrompendo la reazione. Dopo un po' tutta la popolazione diventava resistente, tanto da far temere che questa tecnologia non avrebbe mai funzionato nella realtà. Per superare l'ostacolo abbiamo puntato su un gene molto conservato, in cui le mutazioni generano sequenze non funzionali, che sono spazzate via dalla selezione naturale.

Come l'avete trovato?

Pochi lo sanno, ma la differenza tra maschi e femmine è piccolissima: nella specie umana è riconducibile a cinque geni e nelle zanzare a un gene solo. Quando *doublesex* si attiva, produce due forme funzionali alternative, una nella femmina e una leggermente differente nel maschio.

La porzione di gene fra la parte esclusivamente femminile e il resto della sequenza è conservata in tutti gli individui di *Anopheles gambiae*. Ne abbiamo avuto conferma consultando la banca dati del 1000 Genomes Project, con le sequenze di quasi 2000 zanzare prese in Africa. Quindi abbiamo scelto come bersaglio questa centralina di controllo della determinazione del sesso.

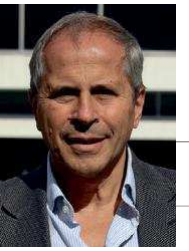


CDC/Janice Carr/AGF

Che cosa è successo esattamente? E che cosa resta da capire?

Ai maschi non succede nulla, ma le femmine con entrambe le copie di *doublesex* distrutte sviluppano caratteristiche in parte maschili e non producono uova, e la popolazione si estingue. Questo apre grandi prospettive perché un equivalente di *doublesex* c'è in tutti gli insetti e la stessa strategia potrebbe essere usata contro i vettori di Zika, dengue, febbre gialla. Quest'estate le nostre *Anopheles* sono state trasferite da Londra a Terni, in gabbie progettate per riprodurre variabilità di temperatura, umidità e luce degli ambienti tropicali. Nonostante il confinamento, la situazione è realistica perché allo stato selvatico le zanzare non si muovano tanto. Mettendo una colonia normale con varie frequenze di drive, possiamo capire quanti esemplari riprogrammati dovremo rilasciare e quanto tempo ci vorrà per la soppressione. Per raccogliere e analizzare i dati, con cui rispondere a interrogativi scientifici e soddisfare i requisiti regolatori per gli *step* successivi, servirà un anno.

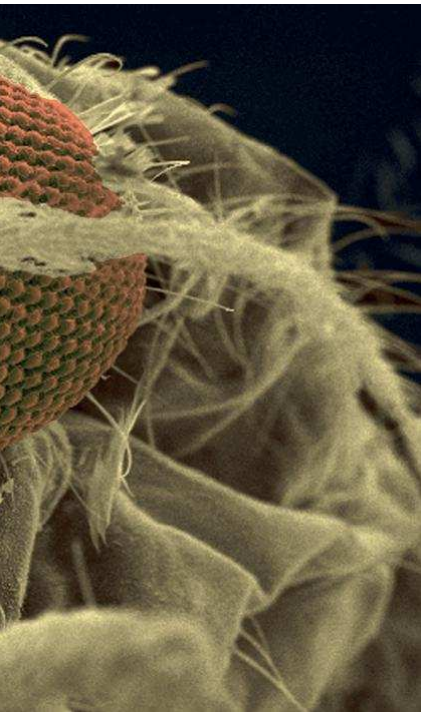
di Anna Meldolesi

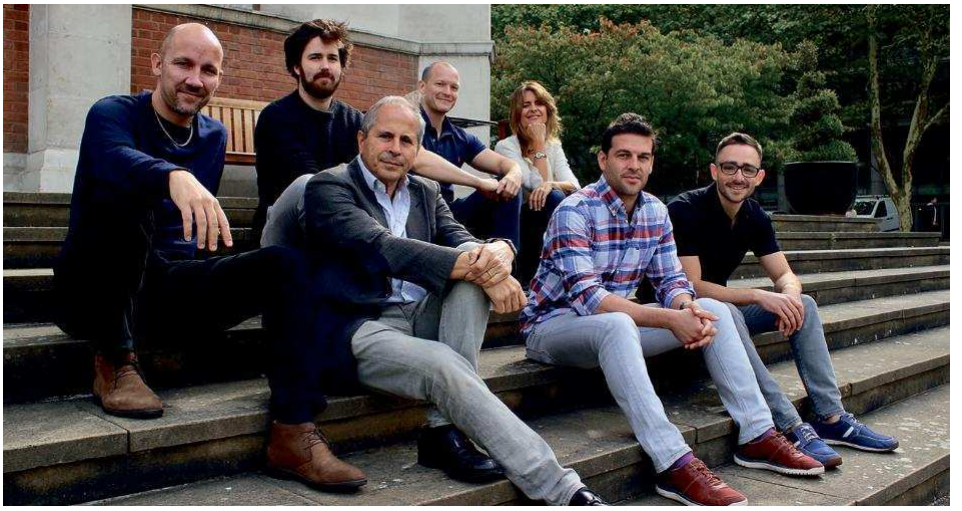


CHI È

ANDREA CRISANTI

Insegna paratossitologia molecolare all'Imperial College London, è editor-in-chief di «Pathogens and Global Health» e professore emerito all'Università di Padova.
Dopo aver conseguito la laurea in medicina alla «Sapienza» Università di Roma e il PhD all'Istituto di immunologia di Basilea, ha lavorato al Centro di biologia molecolare dell'Università di Heidelberg. A Londra ha stretto una fortunata alleanza scientifica con il pioniere dei gene drive Austin Burt e insieme a lui ha lanciato il progetto internazionale Target Malaria, con il sostegno della Fondazione Bill & Melissa Gates. Nel 2018 ha ottenuto il primo collasso di una colonia di *Anopheles gambiae* in ambiente confinato.





Primi piani.
Femmina di *A. gambiae* al microscopio elettronico; sopra, Crisanti e il suo gruppo di ricerca dell'Imperial College London.

Cortesia Andrea Crisanti (*Crisanti, gruppo di lavoro*)

La macchina organizzativa si sta scaldando anche in Africa?

Il Burkina Faso ha approvato il primo rilascio di circa 3000 zanzare. Le autorità regolatorie hanno reagito bene, perché non ci sono pericoli: questi esemplari non hanno drive e spariranno in una ventina di giorni. Sono completamente sterili perché il processo di formazione degli spermatozoi è stato distrutto geneticamente. Questa prova serve a verificare l'operatività del sistema logistico più che a raccogliere dati scientifici. È un'esercitazione a salve.

La preoccupano le richieste di moratoria internazionale?

Mi preoccupa che a decidere il futuro di questa tecnologia sia chiamato in causa un organismo specializzato in biodiversità e agricoltura, anziché in questioni mediche, nella cornice dei protocolli di Cartagena e Nagoya. Stiamo prendendo molto sul serio i rischi ecologici, e come abbiamo scritto su «Medical and Veterinary Entomology» non risulta che ci siano specie animali che dipendono esclusivamente da *Anopheles gambiae* per la sopravvivenza. Questa zanzara comunque dovrebbe essere considerata come un agente patogeno, non vorrei che si sottovalutasse la posta in gioco sul piano umanitario o che contro questa tecnologia si coalizzassero interessi di parte.

Alla fine quanto costeranno i drive genetici?

Il progetto Target Malaria coinvolge un centinaio di specialisti con varie competenze e finora sono stati spesi 70 milioni di dollari. Ce ne vorranno altrettanti per arrivare al primo rilascio di prova, poi per l'implementazione dovranno essere fatti altri investimenti ancora difficili da quantificare. Alla fine comunque i drive faranno tutto da soli e la Fondazione Bill & Melinda Gates ha calcolato che questo approccio sarebbe 100 volte meno costoso di qualsiasi altra misura adottata finora.

La scoperta dei drive è frutto di un caso fortunato, come quella degli antibiotici?

La scoperta della penicillina ha avuto un elemento di casualità, ma è rimasta inutilizzata finché i governi britannico e statunitense non hanno lanciato un programma per passare al setaccio la letteratura scientifica alla ricerca di sostanze antibatteriche, durante la seconda guerra mondiale. Quindi c'è voluto uno sforzo concertato e razionale, la fortuna non basta.

Nella nostra storia gli ingredienti fondamentali sono stati una creatività che ha osato spingersi oltre gli steccati, la libertà di usarla, la concentrazione nello stesso posto di persone selezionate in base alla qualità, la certezza di avere finanziamenti sicuri. È così che arrivano le grandi scoperte.

Un sistema monitora i segnali cerebrali e altri parametri fisiologici per ricavare informazioni utili al marketing e all'addestramento di piloti e medici

Seguire il cervello istante per istante

Immersi in una marea di stimoli, bombardati da spot e messaggi pubblicitari, impegnati a svolgere contemporaneamente più di un'attività. Spesso ci sentiamo così: incapaci di concentrare la nostra attenzione per più di pochi istanti su qualcosa. Un bel problema per chi vuole comunicare con noi, soprattutto per chi vuole trasmettere un messaggio pubblicitario o vuole convincerci a comprare qualcosa.

Come spesso accade per risolvere i problemi è necessario un approccio scientifico, in questo caso bisogna affidarsi alle neuroscienze. L'idea è affascinante: leggere grazie all'elettroencefalogramma come il cervello reagisce davanti agli stimoli, per capire meglio, rispetto a quello che si riuscirebbe a fare parlando con le persone, che cosa piace e che cosa no, che cosa attrae e che cosa invece repelle. Per esempio per comprendere quale confezione sia maggiormente attraente, indipendentemente da quello che contiene.

L'applicazione di queste conoscenze al marketing si chiama neuromarketing, la disciplina che da una parte analizza l'impatto della comunicazione e dall'altra offre l'opportunità di capire quali siano le motivazioni che sono alla base delle scelte dei consumatori. In questo campo lavora BrainSigns, *spin-off* di «Sapienza» Università di Roma, che dal neuromarketing ha poi allargato i suoi interessi e obiettivi al mondo dell'*human factor* e delle applicazioni cliniche.

Cortesia BrainSigns (*foto in questa pagina e nella pagina a fronte*)

Acquisire competenze

«L'idea nasce dall'incontro di alcuni professionisti che a titolo diverso si occupavano di studi di mercato con i ricercatori dei laboratori di elettroencefalogramma ad alta risoluzione della "Sapienza": chi dal punto di vista neurofisiologico, chi sociale, chi della comunicazione», racconta Arianna Trettel, presidente dell'azienda. «Il nucleo da cui siamo partiti sono gli studi condotti da Fabio Babiloni e dal suo gruppo alla "Sapienza" che hanno permesso di individuare indicatori neurometrici con cui valutare la percezione istintiva degli stimoli in termini di esecuzione, impatto e forza dell'idea creativa, chiarezza del messaggio», spiega Trettel che al tempo dell'incontro con Babiloni, nel 2010, si occupava di comunicazione. «Questo modo nuovo di indagare i meccanismi della pubblicità e del marketing mi aveva incuriosito molto e avevo accettato volentieri di mettere insieme le nostre idee per fondare uno spin-off».

Il piccolo primo finanziamento per costituire la società arriva da LazioInnova ma poi l'azienda, forte delle ricerche svolte nei laboratori universitari, comincia a farsi conoscere per i servizi che offre. Nel corso degli anni i ricercatori romani hanno costruito una *expertise* che pochi altri possono vantare in questo campo, con più di 300 *spot* già studiati. «La nostra è una consulenza a tutto tondo. Ci sono i dati fisiologici che raccogliamo con sensori di qualità ma poi c'è la nostra esperienza nel saperli interpretare», sottolinea la presidente. «Ai clienti consigliamo come migliorare il livello di interesse suscitato da uno spot, la facilità di comprensione del messaggio, suggeriamo un razionale per il taglio del minutaggio e via dicendo».

Per migliorare l'efficienza della rilevazione, ai sensori sulla testa si sono aggiunti anche quelli che misurano battito cardiaco e conduttanza cutanea, parametri legati a doppio filo allo stato emotivo della persona. «Le nostre sperimentazioni coinvolgono volontari per non più di un'ora durante la quale prima interagiscono con gli stimoli o l'esperienza che stiamo indagando mentre le loro reazioni istintive sono registrate dai sensori che indossano», spiega Trettel. «A questa fase segue un colloquio per indagare an-

di Letizia Gabaglio

In tempo reale.
Alcuni test sul campo realizzati da BrainSigns grazie alle sue cuffie che seguono e registrano in tempo reale l'attività cerebrale.

LA SCHEDA - BRAINSIGNS

Azienda fondata nel 2010 - spin-off di «Sapienza» Università di Roma
Persone di riferimento: Arianna Trettel (CEO), Fabio Babiloni (direttore scientifico)
Sito: www.brainsigns.com **Mail:** info@brainsigns.com
Numero di brevetti: 1
Dipendenti-collaboratori: 15

che l'esperienza conscia. I nostri ricercatori infine mettono insieme tutti questi dati ed elaborano i risultati finali che interpretano e "pesano" per fornire risposte adeguate agli obiettivi dei clienti». Si conducono così anche test di *consumer experience* per studiare gli effetti di spazi e di prodotti, valutando la percezione dei visitatori nella loro prima reazione immediata e istintiva. Dove si posa lo sguardo del cliente non appena entra in un negozio? Che cosa guarda al supermercato? Con quale coinvolgimento? Quale colore o forma di confezione attrae di più?

«Ci sono scelte che facciamo a livello inconscio e che non sapremmo spiegare a parole o riempendo un questionario ma che possono essere comprese sapendo leggere alcuni indicatori neurofisiologici», dice la presidente.

Dal mercato al volo

I ricercatori di BrainSigns hanno lavorato in questi anni anche per misurare i processi definiti di *human factor* spingendosi ad applicare le loro capacità nell'analisi delle onde cerebrali anche oltre il mondo del consumo, per esempio in quello aeronautico. Affaticamento mentale, calo di attenzione, aumento dello stress sono stati che un pilota di aereo deve tenere costantemente sotto controllo. Variabili che possono essere misurate a livello inconscio proprio a partire dagli indicatori studiati da BrainSigns.

«Di recente abbiamo avviato una collaborazione con la scuola di volo dell'aeroporto dell'Urbe a Roma per valutare l'uso della nostra tecnologia nell'ambito della formazione dei piloti», va avanti la presidente. «L'idea è verificare sul campo come, grazie alla lettura dei segnali inconsci, è possibile rendere il *training* più efficace, migliorare quindi i risultati dell'addestramento o allestire i sistemi della cabina di pilotaggio in maniera ottimale.»

Con le stesse finalità, l'azienda romana ha collaborato con una società produttrice di simulatori chirurgici per capire se il loro uso affaticava i medici e in che misura. La ricerca, effettuata nei laboratori dell'ateneo della «Sapienza», ha permesso allo spin-off di accumulare sia conoscenze sui diversi segnali che si producono nel cervello sia capacità di circoscrivere l'ascolto solo ad alcuni di questi segnali a seconda di quello che si vuole rilevare. «Forti di queste conoscenze stiamo lavorando alla realizzazione di dispositivi per la rilevazione del segnale elettrico che siano facilmente indossabili e non invasivi», spiega Trettel. Per intenderci, niente più cuffiette piene di elettrodi da fissare con un gel ma un lettore di segnali cerebrali che somigli a un cerchietto o a una molletta che si appoggia su piccole porzioni della testa e si limita cioè ad ascoltare solo il segnale che interessa.

di Piergiorgio Odifreddi

professore ordinario di logica matematica all'Università di Torino
e *visiting professor* alla Cornell University di Ithaca (New York)

I numeri della lotta per la vita

La relazione tra prede e predatori può essere descritta da equazioni, come ha dimostrato Vito Volterra

Nel 1926, il biologo marino Umberto D'Antona notò che la diminuzione della pesca nell'Adriatico settentrionale causata dalle attività belliche della prima guerra mondiale non sembrava aver modificato la popolazione ittica perché i pescatori continuavano a pescare la stessa quantità di pesce di prima, ma sembrava aver invece modificato il rapporto tra prede e predatori, perché i pescatori pescavano più predatori e meno prede di prima.

D'Antona propose al matematico Vito Volterra, suo genero, di spiegare matematicamente il fenomeno, e questi trovò un modello del sistema preda-predatore che divenne famoso, basato su quella che oggi si chiama equazione di Lotka-Volterra: anche Alfred Lotka l'aveva infatti trovata l'anno prima, arrivandoci da un punto di vista diverso.

Partendo dallo studio delle reazioni autocatalitiche in chimica, Lotka si era posto il problema di descrivere la dinamica di una popolazione costituita di una sola specie x che varia nel tempo t: nell'ipotesi che la natalità e la mortalità siano costanti, si arriva all'equazione $dx/dt = ax$, che ha come soluzione l'irrealistica crescita esponenziale prevista da Thomas R. Malthus nel 1798.

Un comportamento caotico

Nell'ipotesi più realistica che la crescita non sia costante, a causa della limitazione delle risorse, si può supporre in prima approssimazione che essa diminuisca in maniera lineare. Lotka arrivò in tal modo nel 1910 all'equazione $dx/dt = ax(1 - x)$, e riscoprì così l'equazione logistica già scoperta da Pierre François Verhulst nel 1938. Come dimostrò Robert May nel 1976, le soluzioni dell'equazione logistica sono variegate: a seconda del coefficiente di crescita, infatti, la popolazione può estinguersi, stabilizzarsi su un valore limite od oscillare fra due o più limiti.

Come ci si può attendere dal fatto che già il caso di una sola specie porti a un comportamento letteralmente «caotico», passando a due specie x e y le cose si complicano ancora.

Lotka e Volterra supposero anzitutto che le due specie interagissero in maniera simmetrica: che l'aumento dei predatori y facesse diminuire le prede x, ma che l'aumento delle prede x facesse crescere i predatori y. Supponendo ancora una volta che questi effetti reciproci siano lineari, si arriva alle equazioni $dx/dt = ax(1 - y)$ e $dy/dt = by(x - 1)$, pubblicate rispettivamente da Lotka nel 1925 e da Volterra nel 1926. Come nel caso di una sola specie, le soluzioni prevedono la possibilità di un'oscillazione delle due popolazioni, in accordo con le osservazioni che D'Antona aveva proposto a Volterra di spiegare.

Variazioni sul tema

Un difetto delle equazioni originarie di Lotka e Volterra sta nel fatto che suppongono che i cambiamenti di una specie siano influenzati solo dai cambiamenti dell'altra. La mancanza di una delle due specie fa dunque sì che l'equazione che regola il comportamento dell'altra ritorni a essere l'irrealistica equazione malthusiana da cui era partito Lotka, e preveda in particolare una crescita esponenziale dell'unica specie rimasta in gioco.

Volterra ovviò a questo difetto pubblicando nel 1931 variazioni sul tema. La più semplice suppone che i cambiamenti di una specie siano non solo influenzati dai cambiamenti dell'altra, ma anche dai propri. Rimanendo nell'ambito dei cambiamenti lineari, si arriva alle più realistiche equazioni $dx/dt = ax(1 - x - y)$ e $dy/dt = by(x - y - 1)$, che stanno alle equazioni originali di Lotka e Volterra come l'equazione logistica sta all'equazione malthusiana.

Volterra considerò poi molte altre estensioni delle equazioni originarie, continuando fino al 1939, l'anno prima di morire, la sua lunga meditazione sulle applicazioni della matematica alla biologia.

di Telmo Pievani

professore ordinario di filosofia delle scienze biologiche
dell'Università degli Studi di Padova

Fuggire dalle sirene della post-verità

L'adattamento evolutivo che ci aiutò quando eravamo prede oggi alimenta fake news e complottismi

Ci sono forme di pensiero che sono come zuccherini per il cervello: seducenti, consolanti, irresistibili. Ci piace pensare che sia sempre colpa di qualcun altro, a maggior ragione se l'altro è vago e lontano. Ci piace pensare che una natura cattiva abbia scatenato l'alluvione o scagliato una frana. Se cade un fulmine, siamo portati a ritenere intuitivamente che un qualche agente intenzionale, nascosto tra gli eventi, ci abbia inviato un messaggio. Siamo attratti e dipendenti da dietrologie e complotti, soprattutto se li condividiamo con un gruppo che conferma i nostri pregiudizi. Ci sentiamo a casa, coccolati dalle nostre suadenti insensatezze.

Un paradosso evolutivo

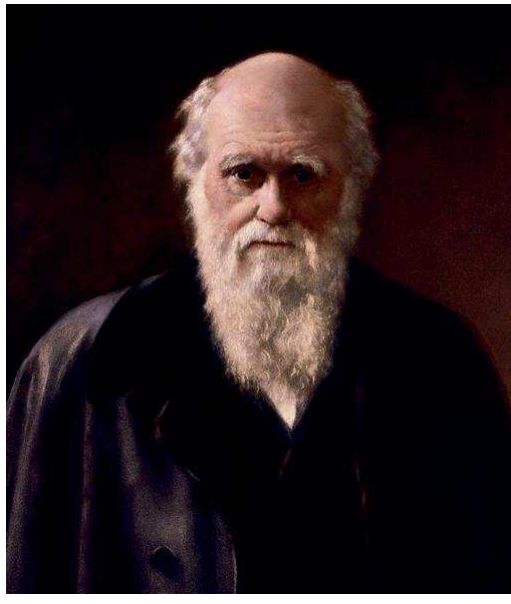
La ricerca scientifica ha da tempo appurato che tutti questi schemi di ragionamento fallaci, forieri di irrazionalismo e di dogmatismo, hanno un tratto comune: la teleologia, cioè la nostra propensione radicata a trovare intenzioni, finalità, agenti e propositi ovunque, nella natura come nella storia, soprattutto dove non ci sono. Ecco allora che le nuvole servono «per» far piovere, l'evoluzione non può che essere il prodotto di un grande disegno, e chissà quali oscure macchinazioni si celano dietro i vaccini. Logica ed evidenze empiriche non contano più. Il paradosso è che si tratta di un adattamento evolutivo anti-predazione: per una potenziale preda è meglio sovrastimare intenzioni malevole in qualsiasi indizio piuttosto che sottostimarle la volta sbagliata; meglio irrazionali che morti mangiati. Oggi che prede non siamo più, quel retaggio è diventato il moltiplicatore cerebrale di ogni sorta di *fake news* e di negazionismo.

Un'analisi statistica pubblicata su «Current Biology» da Pascal Wagner-Egger conferma un legame cognitivo stretto tra manie cospirazioniste e credenze creazioniste. A tenerle insieme, appunto, la teleologia. Il cospirazionismo è creazionismo adattato al mondo sociale e politico. Il creazionismo è cospirazionismo su scala universale. Dettaglio interessante: contano poco religione, idee politiche, età e grado di istruzione degli intervistati. Che anche creazionismo e antievoluzionismo siano incistati nella nostra mente lo mostra che gli argomenti teleologici contro Darwin sono rimasti gli stessi da un secolo e mezzo, come Darwin aveva previsto scrivendo che ci sarebbero volute generazioni prima di vincere il potere mentale del fraintendimento finalista.

La nicchia perfetta

Il problema aggravante è che da qualche anno si è formata una nicchia ecologica perfetta per queste fabbriche di falsità e le comunità che vi si stringono attorno. Prendi una bugia, ammantala di teleologia e cospirazioni, e puoi star sicuro che il tuo sito web avrà gran successo di lettori e pubblicità. Il guru che nega la validità della teoria darwiniana o del riscaldamento climatico antropico mistifica la realtà a suo piacimento narcisistico, vellica le pulsioni antiscientifiche dei suoi seguaci, e ne discende un tripudio di autoconvincimenti e di mala creanza. L'ultimo surreale diversivo degli antidarwiniani è quello per cui la selezione naturale varrebbe solo a livello microevolutivo e non macroevolutivo. Così, tra gli applausi degli astanti virtuali, si ignorano tonnellate di studi pubblicati da decenni sulle basi genetiche degli adattamenti, delle speciazioni e delle radiazioni di forme che hanno prodotto il magnifico albero della biodiversità.

Ora che conosciamo scientificamente la forza persuasiva di questi pregiudizi cognitivi, sappiamo che non serve indignarsi, né rispondere. Ci vuole una paziente, precoce educazione scientifica che faccia leva sulla plasticità del cervello, che non è più quello del Paleolitico. Saremo poco popolari nelle tribune del Web, pazienza. Esplorare il mondo con senso critico e analitico ripaga la fatica che facciamo per abbandonare le sirene della post-verità.



Il lato oscuro della forza mentale. Già Charles Darwin, autore della teoria dell'evoluzione per selezione naturale, aveva previsto che ci sarebbero volute generazioni e generazioni prima di vincere il potere mentale della visione del mondo creazionista.

Paul D Stewart/SPL/AGF

di Giorgio Manzi

ordinario di paleoantropologia alla Sapienza Università di Roma;
socio corrispondente dell'Accademia Nazionale dei Lincei

Un ricordo del professor Segre

Scomparso di recente a cent'anni di età, ha contribuito a scoperte fondamentali per la paleoantropologia italiana

Sergio Sergi, di certo il più importante paleoantropologo italiano della prima metà del Novecento, in fondo l'aveva previsto, quando aveva detto ad Aldo ed Eugenia Segre (compagni di una vita intera e di tante ricerche preistoriche): «Voi un giorno troverete i resti fossili di un uomo davvero antico, molto più antico di questa mandibola neanderthaliana». La scena si svolgeva a Roma alla fine del 1970, nella sede dell'Istituto italiano di paleontologia umana, del quale Aldo ed Eugenia Segre sono stati per decenni le colonne, affacciata sulla piazza dell'elegante quartiere Coppedè. Nel pronunciare quelle parole, quasi una profezia, l'anziano professor Sergi stava esaminando un nuovo resto fossile umano da poco scoperto in Calabria: la mandibola infantile di Archi, un Neanderthal di appena tre anni, una nuova tessera del puzzle della preistoria e dell'evoluzione umana in Italia.

In effetti, molti anni dopo, Aldo ed Eugenia Segre saranno fra coloro che riporteranno alla luce le decine di frammenti di cui si compone il cranio fossile di Ceprano. Come i nostri lettori sanno, si tratta di uno dei reperti più importanti e antichi mai scoperti nella nostra penisola: una sorta di ultimo antenato comune dei Neanderthal e di noi *Homo sapiens*, rinvenuto nel 1994 in strati argillosi della Valle del Sacco nel Lazio meridionale. Aldo Segre ha contribuito enormemente, navigando fra controversie e difficoltà di ogni tipo, al suo studio e alla sua valorizzazione, soprattutto alle conoscenze geologiche del sito.

L'evoluzione umana in Italia

La storia dell'appassionante ricomposizione delle tracce preistoriche dell'evoluzione umana nel nostro paese era iniziata negli anni trenta, quando a Saccopastore (Roma) e a Grotta Guattari (nel Monte Circeo) vennero scoperti alcuni fra i più notevoli fossili umani italiani di *H. neanderthalensis*. Anche a queste scoperte Aldo Segre darà il suo contributo, poiché pubblicherà nel 1948 la stratigrafia del sito di Saccopastore. Una sequenza che lui stesso analizzò, disegnò e descrisse, e che ancora oggi usiamo. Così come partecipò allo studio di molte delle grotte del Monte Circeo.

Aldo Segre ha collaborato inoltre alla conoscenza del contesto geologico di una varietà di fossili umani del Pleistocene: i denti di Fontana Ranuccio presso Anagni (Lazio), il femore di Venosa-Notarchirico (Basilicata), il parietale di Casal de' Pazzi e il femore di Ponte Mammolo (Roma), insieme a diversi altri.

Oltre la paleoantropologia

Ora il professor Segre, come tutti lo chiamavamo, al secolo Aldo Giacomo Segre (1918-2018), non c'è più. Si è spento il 12 novembre scorso, a quasi 101 anni (li avrebbe compiuti il prossimo 12 gennaio).

Segre non è stato solo un geostratigrafo prestato alla paleoantropologia. È ben noto anche negli ambienti della speleologia che ha frequentato per un ventennio, sin dagli ultimi anni trenta del secolo scorso, rifondando nel dopoguerra il Circolo speleologico romano.

Il suo nome è legato soprattutto alle prime spedizioni di esplorazione scientifica italiana in Antartide, delle quali fu il leader scientifico. Furono organizzate nell'estate australe 1968-1969 e in quella del 1973-1974 dal Consiglio nazionale delle ricerche, insieme al Club alpino italiano, con il supporto logistico della Nuova Zelanda. È facile trovare sul Web l'intervista che su questo tema Segre ha rilasciato un paio d'anni fa, ormai alla bella età di 98 anni, a un suo più giovane compagno di quelle esplorazioni di allora (il geologo Marcello Manzoni).

Sempre sul Web è possibile trovare un'ampia raccolta della sua produzione scientifica, in cui spiccano i contributi alla Carta geologica d'Italia, all'orografia del Mediterraneo, al Quaternario di varie regioni d'Italia, ai fenomeni carsici, alla speleologia e... a molto, molto di più. Che la terra ti sia lieve, caro Professore!

di Amedeo Balbi

professore associato di astronomia e astrofisica
al Dipartimento di fisica dell'Università di Roma Tor Vergata

Il sorgere della Terra

Una celebre immagine trasmette all'umanità un messaggio potente e ancora fin troppo attuale

Questo mese vorrei parlare di una straordinaria immagine che compie cinquant'anni. Fu scattata infatti nel dicembre 2018 (alla vigilia di Natale, per l'esattezza) dall'equipaggio dell'Apollo 8, la prima missione a portare esseri umani in orbita attorno alla Luna (gli astronauti Frank Borman, James Lovell, e William Anders). Uno degli obiettivi della missione era proprio raccogliere foto ad alta risoluzione della superficie del nostro satellite, anche allo scopo di individuare possibili punti di allunaggio.

Scena inaspettata

Durante una delle orbite, riaffacciandosi dal lato nascosto della Luna, Anders notò la Terra sbucare sopra l'orizzonte lunare, e fece una foto a colori della scena. La foto è passata alla storia come Earthrise (il sorgere della Terra) ed è diventata una delle immagini più celebri di tutti i tempi. Il fotografo naturalista Galen Rowell l'ha definita «la foto ambientalista più influente mai realizzata».

Lo stesso Anders ha ricordato (in un'intervista a Andrew Chaikin, autore del libro A *Man on the Moon*) l'impressione di meraviglia che gli suscitò lo spettacolo della Terra vista dalla prospettiva lunare: «Era la cosa più bella che avessi mai visto. Totalmente inaspettata. Perché eravamo stati addestrati per andare sulla Luna, non per andare sulla Luna e guardare la Terra. Non ci avevo mai nemmeno pensato! Nell'orbita lunare, mi resi conto che, eccoci qui, siamo arrivati fino alla Luna, la stiamo studiando, e in realtà l'aspetto più interessante di questo volo è la Terra vista dalla Luna.»

Il 1968 era stato un anno difficile e turbolento, di ribellione e di repressione. La guerra del Vietnam era in piena *escalation*, e c'erano stati gli omicidi di Martin Luther King e di Robert Kennedy. La foto della Terra vista dalla Luna era una pausa dai conflitti e dalle divisioni, una raffigurazione eloquente della bellezza e della fragilità del nostro pianeta. Un messaggio potente che parlava all'umanità nel suo insieme. Spesso, quando si pensa all'esplorazione spaziale, si sottovaluta la portata culturale dell'impresa, la capacità di alterare il nostro punto di vista e di mostrarci la realtà quotidiana sotto una nuova luce. Immagini come Earthrise, o l'altrettanto celebre Pale Blue Dot (il puntino azzurro chiaro della Terra vista dalla sonda Voyager 1 nel 1990), riescono a trasmettere l'idea immediata della vanità dei nostri provincialismi: viviamo tutti dentro un'ampolla preziosa sospesa in un ambiente ostile, che appartiene a ogni specie vivente con uguale diritto.

La sfida più preoccupante

Mezzo secolo dopo, non si può dire che la lezione sia stata appresa completamente. Certo, abbiamo fatto molti passi avanti nella consapevolezza ambientale e nelle conquiste civili, ma anche i progressi compiuti sembrano ancora incerti e provvisori. Siamo una specie che non riesce a rinunciare del tutto al tribalismo che l'ha contraddistinta per larga parte della sua storia, e che non sa ancora affrontare i problemi che ha davanti da un'ottica planetaria, invece che locale. Proprio pochi mesi fa, gli scienziati dell'Intergovernmental Panel on Climate Change ci hanno ricordato ancora una volta la portata della sfida forse più preoccupante che ci troviamo di fronte: il riscaldamento globale causato dall'attività umana.

Anche contenere l'aumento di temperatura a 1,5°C entro il 2100 (cosa che avrebbe comunque conseguenze enormi sulle condizioni di vita delle generazioni future) richiederebbe non solo di annullare l'uso di combustibili fossili entro trent'anni, ma anche di escogitare metodi per la cattura dell'anidride carbonica già rilasciata nell'atmosfera. Insomma, di intraprendere nel prossimo decennio provvedimenti e cambiamenti talmente radicali da far impallidire qualunque impresa umana mai realizzata. Missioni Apollo incluse.

Cortesia NASA

Oltre il tribalismo. Ripresa il 24 dicembre 1968 dall'equipaggio della missione Apollo 8, questa famosissima immagine della Terra ci ricorda che dobbiamo affrontare problemi come il cambiamento climatico in un'ottica planetaria anziché locale.

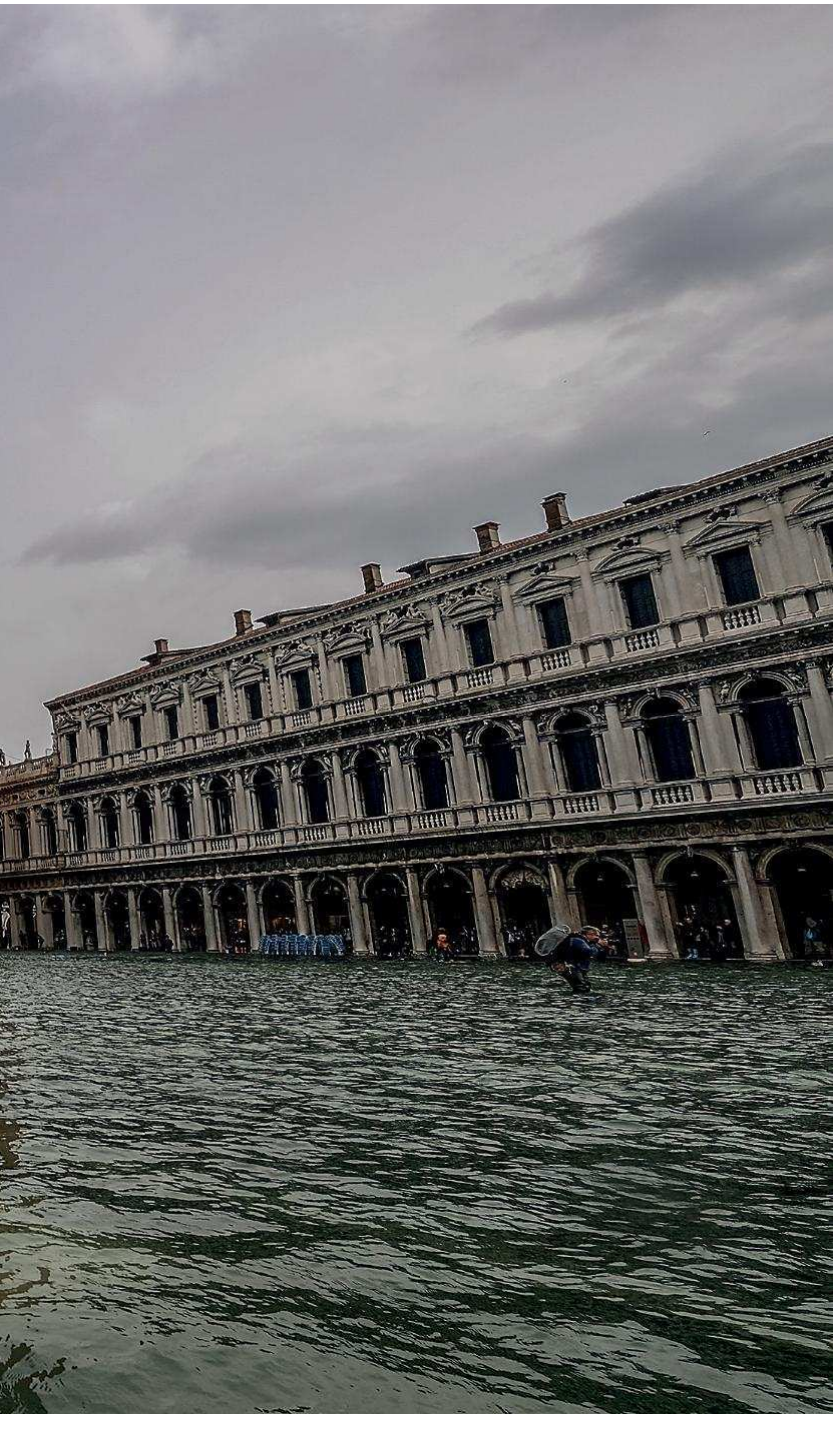
CLIMA

Patrimoni dell'umanità a rischio

L'innalzamento del Mediterraneo potrebbe devastare decine di siti UNESCO

Stefano Mazzola/Awakening/Getty Images

Il futuro che ci aspetta?
Un recente evento di acqua alta a Venezia che ha inondato Piazza San Marco. In un futuro non troppo lontano, un riscaldamento globale fuori controllo potrebbe far finire sott'acqua Venezia e non solo.



Il riscaldamento globale minaccia il futuro e rischia di cancellare il passato. Entro qualche decennio, potremmo dire addio, tra le altre, alle rovine di Cartagine, in Tunisia, alla città vecchia di Dubrovnik,in Croazia, e, in Italia, alla piazza del Duomo a Pisa e all'area archeologica di Pompei ed Ercolano. Tutti questi luoghi hanno due cose in comune: sono patrimonio dell'umanità dell'UNESCO e si trovano sulle coste del Mar Mediterraneo, a un massimo di dieci metri sul livello del mare. Quest'ultima caratteristica li rende vulnerabili a inondazioni ed erosioni costiere causate dall'innalzamento dei mari, diretta conseguenza dell'aumento delle temperature e dello scioglimento dei ghiacci.

In uno studio pubblicato su «Nature Communications», Lena Reimann della tedesca Università di Kiel e colleghi hanno calcolato i rischi legati all'avanzare delle acque per 49 siti UNESCO del Mediterraneo immaginando quattro scenari climatici più o meno catastrofici. Anche nella migliore delle ipotesi (cioè rispettando gli accordi di Parigi che puntano a limitare a 1,5 °C entro il 2020 l'aumento della temperatura media della Terra rispetto ai livelli preindustriali), il futuro è nero per 47 siti, di cui 15 in Italia. Considerando l'evoluzione climatica peggiore, in cui c'è un 5 per cento di probabilità che il mare si alzi di 1,46 metri, le probabilità che entro fine secolo si verifichi un'alluvione o un'erosione nell'area mediterranea salgono del 50 e 13 per cento rispetto al 2000. Sito per sito, già oggi 37 rischiano di finire sott'acqua: l'allerta è massima per Venezia e la sua laguna, Ferrara e il delta del Po, l'area archeologica e la basilica patriarcale di santa Maria Assunta ad Aquileia, nel Friuli-Venezia Giulia.

Entro fine secolo le inondazioni copriranno una superficie sempre maggiore dei singoli siti, dal 12 al 14 per cento in funzione di come cambierà il clima. Sono valori medi, perché nel caso di Venezia non è inverosimile che da qui al 2100 possa finire quasi tutta sommersa sotto una colonna d'acqua di 2,5 metri. I veneziani ripongono le speranze nel MOSE, il sistema di barriere mobili per bloccare maree alte sino a tre metri che però non è ancora operativo, ma difficoltà economiche e tecniche renderebbero complicato realizzare altrove questo tipo di interventi. C'è poi il rischio erosione costiera che oggi minaccia 42 siti, anzitutto la città libanese di Tiro che sorge su una costa sabbiosa e quindi fragile.

Più passa il tempo più il mare guadagnerà terreno «avvicinando» i siti alle coste, fino a 100 metri. Non sorprende quindi che entro fine secolo le probabilità di erosioni aumenteranno dall'1,6 al 13 per cento, dipende dallo scenario climatico, rispetto al 2000. E saremo sempre noi a rimetterci di più: l'Italia ha il maggior numero di siti a rischio, tra cui le Cinque Terre in Liguria, l'area di Paestum e Velia in Campania, il golfo di Noto in Sicilia.

Martina Saporiti

FISICA

La perfetta sfericità dell'elettrone

Confermata la distribuzione sferica della carica in questa particella elementare

L'elettrone è perfettamente sferico. A certificarlo, con una precisione mai raggiunta prima, è un esperimento realizzato dalla collaborazione ACME, che include ricercatori delle università statunitensi Northwestern, Harvard e Yale. I risultati della ricerca sono stati pubblicati su «Nature».

In realtà l'obiettivo dell'esperimento della collaborazione ACME era testare in modo indiretto la precisione del modello standard, la teoria su cui si basa la fisica delle particelle. Il modello ha ricevuto negli anni innumerevoli conferme sperimentali, tuttavia non riesce a spiegare alcuni misteri ancora insoluti della fisica, come per esempio la materia oscura. Per questo motivo di recente sono state elaborate teorie alternative: una di queste è la supersimmetria, che prevede l'esistenza di particelle pesanti non ancora osservate sperimentalmente. Secondo la teoria supersimmetrica – ed è qui che entra in gioco la sfericità dell'elettrone – la presenza di queste particelle avrebbe l'effetto di produrre nell'elettrone uno «schiacciamento», alterando così la distribuzione perfettamente sferica della sua carica e inducendo un valore diverso da zero di una grandezza fisica misurabile nota come «momento di dipolo elettrico». Il modello standard, al contrario, non prevede alcuna alterazione.

Per verificare l'effetto, i ricercatori hanno inviato un fascio di molecole di ossido di torio all'interno di una piccola camera, dove sono state investite da fasci laser. Gli scienziati hanno quindi studiato la luce emessa dalle molecole colpite dal laser, misurando – entro gli errori sperimentali – un valore zero del momento di dipolo elettrico. Una conferma, quindi, per le previsioni del modello standard, ma non per quelle della supersimmetria.

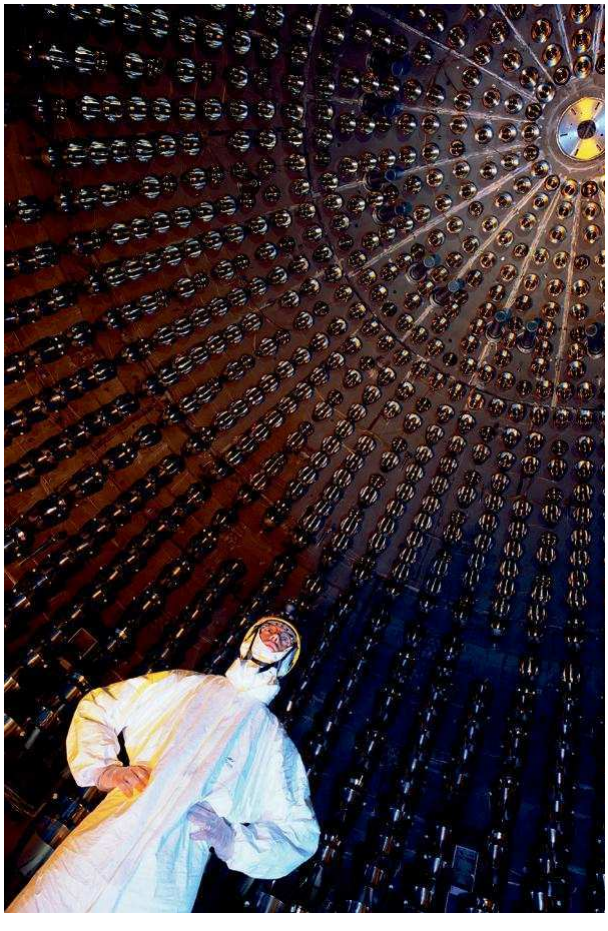
L'esperimento migliora di un fattore dieci la precisione di un precedente test effettuato nel 2014, e sono previsti ulteriori raffinamenti. Tuttavia questi risultati sono già sufficienti, secondo i ricercatori, a imporre un ripensamento di alcune teorie alternative al modello standard.

Matteo Serra

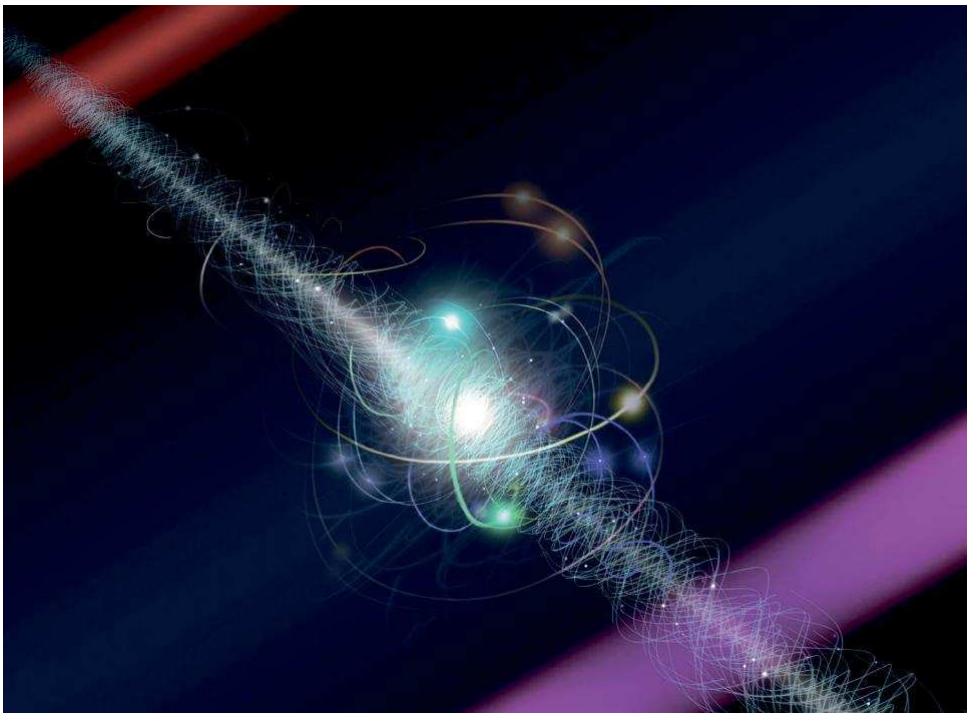
I primi dieci anni di Borexino

Borexino, l'esperimento dei Laboratori nazionali del Gran Sasso dell'Istituto nazionale di fisica nucleare che studia le caratteristiche dei neutrini solari, ha compiuto dieci anni. Per l'occasione gli scienziati che lavorano all'esperimento hanno pubblicato su «Nature» un articolo che riassume i risultati più importanti ottenuti nel corso della sua attività.
L'obiettivo principale di Borexino (diventato operativo a maggio 2007) è studiare i neutrini – particelle elementari prive di carica, dotate di una massa piccolissima e che interagiscono poco o nulla con la materia – emessi dal Sole durante la cosiddetta catena protone-protone, una sequenza di reazioni nucleari che portano l'idrogeno presente nella stella a trasformarsi in elio, partendo dalla fusione di due protoni, liberando energia. I neutrini prodotti in cinque di queste reazioni sono portatori di informazioni estremamente preziose sui meccanismi di produzione di energia del Sole, oltre a costituire una «fonte» unica per studiarne le proprietà di queste particelle.
I ricercatori di Borexino hanno misurato con grande precisione i flussi di neutrini – e i loro valori di energia - in quattro delle cinque reazioni della catena in cui sono prodotti, verificando il completo accordo con le previsioni del modello solare standard, la teoria più comunemente accettata che descrive il funzionamento del Sole. Inoltre l'esperimento ha mostrato, anche qui con un elevato livello di dettaglio, l'esistenza a basse energie del fenomeno dell'oscillazione dei neutrini, che li vede trasformarsi da un particolare tipo (definito «sapore») all'altro (in totale esistono tre sapori). Un altro risultato di rilievo riguarda la metallicità, un parametro che misura la concentrazione di nuclei di elementi più pesanti di idrogeno ed elio nel Sole: le misurazioni dei ricercatori di Borexino indicherebbero un valore di metallicità relativamente alto, a differenza di quanto ipotizzato da alcuni modelli teorici.

Matteo Serra



SPL/AGF



Cortesia Drummermean/wikimedia CC BY-SA 4.0 (*ANITA*); cortesia Nicolle R. Fuller/NSF (*esperimento ACME*)

Fontane anomale di particelle in Antartide

Nello studio dei raggi cosmici, l'inarrestabile flusso di particelle proveniente dallo spazio, alcuni ricercatori si sono imbattuti in eventi anomali, la cui spiegazione sembra richiedere una nuova fisica. È questo il caso capitato al gruppo guidato da Peter Gorham, dell'Università delle Hawaii. Analizzando i dati raccolti dalla missione Antarctic Impulsive Transient Antenna (ANITA), un esperimento della NASA che viene periodicamente fatto volare su un pallone sonda stratosferico sopra l'Antartide, Gorham e collaboratori si sono accorti che in due circostanze distinte, la prima nel 2006, l'altra nel 2014, le particelle rilevate, invece di muoversi dall'alto verso il basso, ovvero dal cielo verso la Terra, come accade di norma, si muovevano in senso contrario.

La scoperta di queste «fontane» di particelle, descritta su «Physical Review Letters», è accompagnata da un'analisi delle possibili cause di questi fenomeni, a partire dall'eventualità che i segnali osservati siano prodotti da neutrini provenienti dalla direzione opposta – per esempio emessi da una supernova – che hanno attraversato tutta la Terra per emergere agli antipodi del punto di ingresso. Una supernova in effetti è stata osservata in concomitanza con uno dei due eventi, ma non nell'altro.

Scartate varie ipotesi, è rimasta saldamente in piedi quella secondo cui ANITA avrebbe osservato

particelle esotiche non previste dal modello standard. Ad avallare questa possibilità è anche il gruppo diretto da Derek Fox, della Pennsylvania State University, che sull'archivio on-line arXiv.org ha pubblicato un confronto con i dati registrati dall'esperimento IceCube, il grande rivelatore di neutrini costruito in Antartide, confermando le osservazioni di queste anomalie. Ma due osservazioni sono ancora troppo poche per poter annunciare una scoperta che sarebbe epocale.

Emiliano Ricci

Un'esoluna grande come il pianeta Nettuno

Capace di scoprire da solo oltre 2300 esopianeti, più della metà dei pianeti extrasolari conosciuti fino a oggi, il telescopio spaziale Kepler della NASA è appena andato in pensione, non prima però di regalarci anche la scoperta della prima esoluna. D'altra parte, se il nostro sistema solare conta quasi 200 lune, prima o poi doveva arrivare anche la primo satellite in orbita attorno a un pianeta di un altro sistema stellare. La scoperta, annunciata sulle pagine di «Science Advances», è opera di Alex Teachey e David M. Kipping, entrambi della Columbia University, a New York, che l'hanno confermata grazie a 40 ore di osservazioni dedicate con il telescopio spaziale Hubble. La luna, orbitante attorno al pianeta di tipo gioviano indicato con la sigla Kepler 1625b, distante 8000 anni luce da noi, è stata indicata con la sigla Kepler-1625b-i e ha la particolarità di avere massa e dimensioni confrontabili con quelle del pianeta Nettuno. Un satellite quindi completamente diverso rispetto a quelli conosciuti nel nostro sistema solare. Oltre a inaugurare il nuovo filone di ricerca delle esolune, la scoperta di un satellite con l'aspetto di un gigante gassoso apre anche una serie di problemi, il primo dei quali è capirne l'origine. Senza contare che esopianeta ed esoluna orbitano nella zona abitabile della stella.

Emiliano Ricci

ECOLOGIA

La scomparsa degli artropodi

Confermato anche ai tropici l'impressionante crollo delle popolazioni

Il declino degli artropodi, che includono aracnidi, crostacei, chilopodi, diplopodi e insetti, è sempre più grave. Negli ultimi anni vari studi in paesi temperati, dove i dati storici permettono confronti con il passato, hanno mostrato crolli impressionanti delle popolazioni. Di recente, per esempio, è stato segnalato che in alcune riserve naturali tedesche gli insetti sono calati del 76 per cento. Ora Bradford Lister, della Rensselaer Polytechnic University di New York, mostra sui «Proceedings of the National Academy of Sciences» che la stessa cosa accade ai tropici.

Negli anni settanta, Lister aveva stimato le popolazioni di insetti e dei loro predatori nella foresta pluviale di Luquillo, a Portorico, e negli anni scorsi ha ripetuto i censimenti con gli stessi metodi, per avere dati paragonabili. Ma già solo entrando nella foresta, racconta, ha notato uno stravolgimento: le farfalle, un tempo abbondanti, erano quasi scomparse.

Le sue misure, insieme ad altre rilevazioni effettuate in questi decenni, hanno confermato l'impressione. Le reti passate tra le fronde hanno raccolto da un quarto a un ottavo della biomassa di artropodi rispetto a quarant'anni fa. Le trappole al suolo e fra le chiome degli alberi, da 30 a 60 volte di meno. Anche i predatori degli artropodi, come uccelli, rane e lucertole, sono calati di pari passo, mentre alcuni uccelli non insettivori non hanno mostrato un grande declino.

Lister ha considerato varie cause possibili del crollo, avvenuto in una riserva naturale ben protetta, e le sue analisi mostrano che la forza portante è il cambiamento del clima, che ha visto crescere le temperature della foresta di 2°C. «Se numeri simili saranno confermati altrove, sono un segno che l'impatto del cambiamento climatico sugli ecosistemi tropicali rischia di essere molto peggiore del previsto», conclude.

Giovanni Sabato

Topi con genitori dello stesso sesso

Per la prima volta sono stati generati topi con genitori dello stesso sesso: due madri o addirittura due padri. I risultati, pubblicati su «Cell Stem Cell», aiutano a spiegare perché i mammiferi non possono riprodursi per via naturale con un solo genitore e anche perché gli animali che invece possono riprodursi da soli in natura, come alcuni anfibi, sono quasi sempre femmine.

Nella riproduzione sessuata, i figli ereditano metà del patrimonio genetico dalla madre e metà dal padre. Ma il DNA di ciascun genitore ha etichette molecolari uniche che sono aggiunte durante la formazione di spermatozoi e ovociti. Queste etichette sono dette imprinting genomico e rappresentano il principale ostacolo alla riproduzione tra animali dello stesso sesso. Ora però, ricercatori della Chinese Academy of Science, coordinati da Wei Li, sono riusciti a superare questo ostacolo usando cellule staminali ingegnerizzate e la tecnica di editing genomico CRISPR. In una prima fase, gli scienziati cinesi sono riusciti a creare un embrione vitale partendo solo da DNA materno, dunque eliminando tre segmenti del genoma con imprinting dalle cellule staminali ingegnerizzate. I topi nati da quegli embrioni sono risultati normali, e il tasso di successo è stato del 14 per cento.

Sfruttando lo stesso metodo, i ricercatori hanno deciso di affrontare una sfida più difficile: creare topi con due padri. In questo caso, per ottenere una progenie vitale, gli scienziati hanno dovuto eliminare ben sette regioni caratterizzate da imprinting genomico. In questo caso il tasso di successo è stato inferiore al due per cento e tutti cuccioli vivi sono morti poco dopo la nascita, probabilmente a causa della perdita più estesa di materiale genetico.

Gli autori sottolineano che questo metodo potrà essere usato in futuro per studiare più da vicino gli effetti dell'imprinting genomico su vari disturbi dello sviluppo embrionale. Invece, la strada per generare individui con due genitori dello stesso sesso appare ancora molto lunga e difficilmente percorribile.

Enrico Properzi

Ines Carrara/iStockphoto

Y&R

LEGGI
LE SCIENZE E MIND
DIRETTAMENTE
SUL PC.

SFOGLIA LE SCIENZE E MIND ONLINE.

I migliori approfondimenti su scienze, innovazione, neuroscienze e psicologia. Scegli l'abbonamento che preferisci e leggi le riviste comodamente a casa sul tuo pc. Inoltre su App Store è disponibile l'app di Le Scienze. Scopri tutte le offerte sul sito: http://s.lescienze.it/offerte

Le Scienze

CLIMA

Fiumi atmosferici sulla Groenlandia

Correnti di aria umida e calda contribuiscono alla fusione dei ghiacci artici

Nell'Artico si sta verificando a una grande fusione dei ghiacci, sia di quelli marini sia di quelli che si trovano sopra la Groenlandia. Questi ultimi, in particolare, possono contribuire in maniera consistente all'innalzamento del livello del mare.

Mentre la tendenza della superficie ghiacciata e dello spessore dei ghiacci è chiaramente al ribasso, vi sono fluttuazioni di anno in anno e un chiaro aumento nella fusione a partire dal 2000. A che cosa si possono attribuire questa variabilità e quest'ultimo aumento? Una risposta sia pure parziale a questo interrogativo viene da uno studio di Kyle Mattingly, dell'Università della Georgia, negli Stati Uniti, e collaboratori, pubblicato di recente sula rivista «Journal of Geophysical Research: Atmospheres».

Utilizzando dati satellitari per il vapore acqueo e un modello di intelligenza artificiale a rete neurale, i ricercatori hanno identificato veri e propri «fiumi atmosferici», vale a dire sottili correnti di aria calda e umida che negli ultimi anni hanno influenzato particolarmente la Groenlandia. A queste stime osservative è stata poi unita un'analisi con un modello regionale, e in questo modo Mattingly e colleghi hanno calcolato la fusione dei ghiacci o l'eventuale accumulo di neve dovuti a questi fiumi atmosferici di aria calda e umida, ottenendo anche i dettagli spaziali per le singole zone della Groenlandia.

In generale, la presenza di questi fiumi atmosferici, che va ad aggiungersi all'aumento di temperatura media registrata negli ultimi decenni, ha contribuito sostanzialmente alla forte perdita di massa ghiacciata dal 2000 al 2012. Rimane da capire tuttavia se la particolare frequenza di questi fiumi sia da associare solo a una variabilità naturale del sistema clima oppure a una deriva dovuta al riscaldamento globale di origine antropica.

Antonello Pasini

Un nuovo rapporto conferma i limiti della crescita

È passato quasi mezzo secolo. La nuova analisi usa modelli molto più sofisticati ed è inquadrata in una cornice più articolata, che include gli accordi internazionali di Parigi sul clima e gli Obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite per conciliare il benessere umano e la salute ambientale. Ma il messaggio di fondo non cambia.

Dopo il famoso *I limiti della crescita* del 1972, un nuovo rapporto commissionato dal Club di Roma allo Stockholm Resilience Centre svedese e alla Norwegian Business School di Oslo, ribadisce che se l'andamento dell'economia e della crescita demografica non cambia, è tuttora destinato a portare il pianeta al collasso. E siamo sulla buona strada per raggiungere solo dieci dei 17 obiettivi di sviluppo sostenibile fissati per il 2030.

Le alternative ci sono ma non sono facili, perché è arduo conciliare i traguardi socioeconomici con quelli ambientali. Anche potenziando molto gli sforzi convenzionali per promuovere l'istruzione e ridurre la povertà, per esempio, si rischia un consumo insostenibile di risorse come acqua ed energia. E molti degli scenari analizzati innescheranno danni ambientali irrimediabili entro il 2050.

Per evitarlo, e raggiungere tutti i 17 obiettivi, serviranno cambi radicali di *policy* in ambiti che vanno dall'energia alla pianificazione familiare, ma anche una redistribuzione della ricchezza tale che il dieci per cento più ricco della popolazione non possieda più del 40 per cento delle ricchezze.

Lo studio originario aveva sollevato molte critiche sulla validità del modello e sui presupposti iniziali circa le risorse disponibili. E anche il modello sotteso al nuovo studio suscita da anni dibattiti animati. Ma sia il Club di Roma sia gli autori della nuova indagine sottolineano che le analisi odierne corroborano, nella sostanza, quelle originarie: com'è ovvio molti dettagli sono cambiati, ma la sostanza delle conclusioni resta valida. E resta più che mai necessario un cambio di rotta, energico e impegnativo ma, almeno sul piano tecnico, non impossibile.

Giovanni Sabato

iStockphoto

Y&R

Oggi puoi leggere Le Scienze direttamente su iPad.

La nuova applicazione disponibile sull'edicola Newsstand di iPad.

Porta Le Scienze sempre con te. Scarica l'applicazione sul tuo iPad e sfoglia i migliori approfondimenti su scienza, tecnologia ed innovazione. Scegli l'abbonamento che preferisci e leggi la rivista in prova gratuita per 1 mese.

Le Scienze

Il folletto che aiuterà a dare la caccia al Pianeta Nove

Agli angoli più remoti del sistema solare c'è un pianetino dal nome inquietante. E Scott Sheppard, della statunitense Carnegie Institution for Science, e colleghi che l'hanno scoperto hanno deciso di chiamarlo Goblin, come i folletti maligni delle leggende nordiche, dato che è stato osservato la prima volta, tre anni fa, qualche giorno prima di Halloween.
Il nuovo pianeta nano, il cui nome ufficiale è 2015 TG387, è stato annunciato in uno studio inviato per la pubblicazione a «The Astronomical Journal» e ha fornito nuovi indizi per dare la caccia al misterioso Pianeta Nove del sistema solare, ammesso che esista.
Nel punto di massima vicinanza al Sole, infatti, 2015 TG387 si trova a 65 unità astronomiche, più di 1,5 una volte la distanza media fra Sole e Plutone, ma nel punto di massima distanza si spinge fino a 2300 unità astronomiche. Ci sono quindi voluti anni per scoprirlo, poiché a distanze così grandi il moto del pianetino è molto difficile da misurare.
Confrontando le osservazioni con le simulazioni al computer, gli astronomi hanno mostrato che l'orbita di 2015 TG387 e di altri oggetti transnettuniani potrebbe essere dovuta alla presenza di un pianeta più grande della Terra. Potrebbe quindi essere proprio il Pianeta Nove a guidare Goblin nello spazio più esterno del sistema solare. (*MaRa*)

Nuova prodezza dei corvi: sanno assemblare strumenti

I primati perdono un altro primato. Anche i corvi, infatti, sanno comporre strumenti, un'abilità tutt'altro che scontata perché presuppone la capacità di immaginare forma e proprietà di oggetti che non esistono, capacità che fino a oggi era stata dimostrata solo negli esseri umani e nelle grandi scimmie antropomorfe.

Nello studio pubblicato su «Scientific Reports» da un gruppo coordinato dallo zoologo Alex Kacelnik dell'Università di Oxford, in Regno Unito, otto corvi della Nuova Caledonia (*Corvus moneduloides*) sono stati sfidati a risolvere un problema: usare bastoncini per spingere fuori da una scatola del cibo a cui altrimenti non potevano arrivare. A rendere complicato un test altrimenti semplice per gli uccelli era il fatto che i bastoncini erano troppo corti per essere utili: bisognava unirli per fabbricarne uno sufficientemente lungo da arrivare al cibo.

Senza alcun aiuto, quattro corvi hanno subito trovato la combinazione giusta tra due bastoncini. E quando il gioco si è fatto più duro (bastoncini ancora più corti), uno di loro ne ha persino assemblati quattro per portarsi a casa la ricompensa. I ricercatori ipotizzano che i corvi risolvano il compito elaborando simulazioni cognitive virtuali, che poi mettono in pratica. (*MaSa*)

Il declino dei mammiferi

La sesta estinzione di massa è in corso e la responsabilità è degli esseri umani. Piante e animali scompaiono a un ritmo che l'evoluzione di nuove specie non compensa. Ma quanto tempo servirebbe per ripristinare la biodiversità perduta? In uno studio su «Proceedings of the National Academy of Sciences» Matt Davis dell'Università di Aarhus, in Danimarca, e colleghi hanno calcolato i tempi di ripresa dei mammiferi.
Il gruppo ha simulato il loro recupero tenendo conto di rapporti evolutivi e dimensioni corporee di specie esistenti ed estinte. Nel migliore degli scenari, che prevede l'improbabile arresto della scomparsa di habitat e specie, servirebbero da tre a cinque milioni di anni per rigenerare i principali rami dell'albero evolutivo dei mammiferi, e tra cinque e sette milioni di anni per ricostituire la megafauna dell'era glaciale spazzata via dall'uomo. Non ci sono però solo brutte notizie: metodi e dati potrebbero servire a scongiurare le estinzioni più gravi, poiché non tutte le specie hanno la stessa importanza ecologica. Tra i grandi mammiferi superstiti che non possiamo perdere ci sono elefanti asiatici, rinoceronti neri e tigri, che, senza adeguate tutele, potrebbero non vedere la fine del secolo. (*EuMe*)

Diogarpi/iStock (*corvo*); Mantafoto/iStock (*rinoceronti*)

Un condensato di Bose-Einstein spaziale

Un gruppo di fisici guidati da Maike Lachmann, della Leibniz Universität di Hannover, è riuscito a realizzare per la prima volta nello spazio un «condensato di Bose-Einstein», un particolare stato della materia che si forma in condizioni di densità assai elevate e temperatura estremamente basse.

Realizzare condensati di Bose-Einstein sulla Terra non è facile, perché la gravità interferisce in modo rilevante sugli strumenti necessari a produrli e studiarli. Lo spazio, grazie alle sue condizioni di microgravità, è al contrario un'«arena» sperimentale potenzialmente molto più efficace. Gli scienziati hanno così avuto l'idea di lanciare nello spazio, all'interno di un razzo, un piccolo strumento in grado di produrre condensati di Bose-Einstein, riuscendo a realizzare in pochi minuti di «volo» ben 110 esperimenti programmati.

I risultati ottenuti, pubblicati su «Nature», saranno molto preziosi per capire ancora più a fondo le proprietà di questo stato della materia, le cui applicazioni sono molto promettenti: un obiettivo ambizioso è sfruttarli come «sensori quantistici» in grado di rilevare onde gravitazionali in intervalli di frequenze non accessibili agli attuali rivelatori terrestri. (*MaSe*)

Cure parentali estese nel Cambriano

Cinquecentoventi milioni di anni fa ci si prendeva già cura dei propri figli. È la conclusione a cui sono giunti Dongjing Fu e collaboratori della Northwest University di Xi'an, in Cina, in un'analisi di ritrovamenti fossili pubblicata su «BMC Evolutionary Biology».

Confrontando una numerosa serie di reperti, i paleontologi hanno ricostruito lo sviluppo, dall'infanzia alla maturità, di un artropode marino del Cambriano, *Fuxianhuia*. Questa ricostruzione ha quindi permesso di interpretare correttamente un ulteriore fossile eccezionale, nel quale un esemplare adulto di *Fuxianhuia* appare attorniato da altri quattro organismi: i suoi piccoli. I giovani *Fuxianhuia* che accompagnavano l'adulto non erano neonati, ma si trovavano in uno stadio relativamente avanzato di sviluppo: a dimostrazione che genitori e figli vivevano insieme per un periodo piuttosto lungo.

Fuxianhuia è quindi l'esempio più antico conosciuto di cura parentale estesa tra gli artropodi. La scoperta dimostra che comportamenti parentali complessi si erano già evoluti meno di 30 milioni di anni dopo l'esplosione del Cambriano, il rapido evento evolutivo in cui si diversificarono tutti i *phyla* animali che oggi conosciamo. (*MaSan*)

I colori delle uova che vengono dai dinosauri

Uccelli e dinosauri hanno ancora più elementi in comune di quanto si immagini. Secondo una ricerca pubblicata su «Nature», i colori delle uova deposte da quaglie, galline e altri volatili derivano dai Maniraptora, un gruppo di dinosauri che include, oltre agli uccelli moderni, i loro parenti più stretti e i dinosauri teropodi. La paleobiologa Jasmina Wiemann, della Yale University negli Stati Uniti, e colleghi, hanno usato la spettroscopia Raman, una tecnica che permette di rilevare tracce molecolari di un composto chimico, per dimostrare che i pigmenti rosso-bruno (protoporfirina IX) e bluverde (biliverdina) che colorano le uova degli uccelli di oggi sono gli stessi ritrovati nel guscio fossilizzato di uova risalenti a milioni di anni fa.
Anche se è tutta da verificare, l'ipotesi dei ricercatori è che le uova colorate si sono evolute insieme a nuove abitudini di nidificazione. Deporre le uova all'aperto (come nei nidi sugli alberi e in quelli parzialmente interrati) era più rischioso rispetto a custodirle sotto terra, dunque macchie e screziature sul guscio potrebbero aver aiutato a nasconderle da eventuali predatori. (*SaMo*)

Victoriabee/Getty Images

Un'arca di Noè per salvare il microbioma umano

Un articolo su «Science» firmato da un gruppo microbiologi statunitensi suona come un ultimatum: per il futuro dell'umanità dobbiamo istituire un deposito di sicurezza in cui preservare la biodiversità microbica che abita il nostro corpo. E dobbiamo farlo al più presto, prima che antibiotici e alimentazione attuale la compromettano del tutto.
Per milioni di anni questo complesso ecosistema di batteri, funghi e virus si è evoluto insieme all'essere umano, coadiuvando digestione dei cibi e attività del sistema immunitario. Tuttavia, dalla seconda guerra mondiale a oggi, il microbiota delle popolazioni industrializzate si è inesorabilmente impoverito contribuendo all'aumento dell'incidenza di malattie metaboliche e autoimmuni. Una vera e propria crisi sanitaria globale, che oggi si estende anche ai paesi in via di sviluppo.
Ecco perché, prendendo esempio dal deposito globale di sementi situato sulle isole Svalbard, nell'Oceano Artico, María Domínguez-Bello della Rutgers University e colleghi auspicano l'istituzione di una sorta di arca di Noè in cui raccogliere e coltivare comunità microbiche non ancora alterate dallo stile di vita moderno. In futuro, il trapianto del ricco microbiota preservatosi nelle popolazioni rurali di Africa e Sud America potrebbe aiutarci a contrastare un gran numero di malattie. (*DaMi*)

ASTROFISICA

La fine della materia oscura?

Gli astrofisici hanno accumulato osservazioni difficili da spiegare con la materia oscura. È giunto il momento di considerare che la gravità potrebbe essere diversa da quello che ci ha insegnato Albert Einstein

di Sabine Hossenfelder e Stacy S. McGaugh

Illustrazione di Monodolithic Studios

IN BREVE

Si ipotizza da tempo che certe particelle invisibili di «materia oscura» debbano affiancare la materia ordinaria nell'universo per spiegare l'orbita delle stelle nelle galassie e il modo in cui le galassie orbitano negli ammassi. Un'idea alternativa, per cui non c'è materia in più e sono le equazioni della gravità a dover essere aggiornate, ha ricevuto assai meno attenzione. **Ma numerosi esperimenti** non sono riusciti a trovare prove delle particelle di materia oscura, e rimane la possibilità che la gravità debba essere modificata. **Ultimamente, in effetti,** alcune prove astrofisiche, come recenti osservazioni sulla gravità nelle galassie, favoriscono le teorie della gravità modificata rispetto alla materia oscura. I fisici devono abbandonare i pregiudizi e riesaminare questa idea trascurata.

Sabine Hossenfelder è fisica teorica al Frankfurt Institute for Advanced Studies, in Germania, e studia la fisica oltre il modello standard. È autrice del blog di fisica *Backreaction* e del libro *Lost in Math: How Beauty Leads Physics Astray* (Basic Books, 2018).

Stacy S. McGaugh è astrofisico alla Case Western Reserve University. La sua ricerca si concentra su galassie a bassa luminosità superficiale, che permettono valide verifiche della gravità modificata e della materia oscura.

Le stelle hanno ancora dei segreti. Sappiamo perché splendono e sappiamo perché luccicano, ma non sappiamo ancora perché si muovono come si muovono. Questo problema esiste ormai da quasi un secolo. Negli anni trenta l'astronomo svizzero Fritz Zwicky osservò che alcune galassie di un ammasso composto da circa 1000 galassie orbitavano a velocità sorprendentemente elevata attorno al loro comune centro di massa.

Pur con stime generose della massa delle singole galassie, la somma non era sufficiente a spiegare questo movimento. Zwicky pose rimedio ai conti che non tornavano ipotizzando l'esistenza di un nuovo tipo di materia: la «materia oscura».

Negli anni settanta l'astronoma statunitense Vera Rubin osservò che lo stesso fenomeno si verificava in alcune singole galassie. Le velocità delle stelle lontane dal centro di una galassia rimanevano circa uguali a quelle più vicine al centro, mentre ci si aspettava che fossero più lente, a causa della minore attrazione gravitazionale alla periferia della galassia. Anche in questi casi la massa visibile da sola non era sufficiente a spiegare le osservazioni. Rubin concluse che anche nelle galassie dovesse esserci materia oscura.

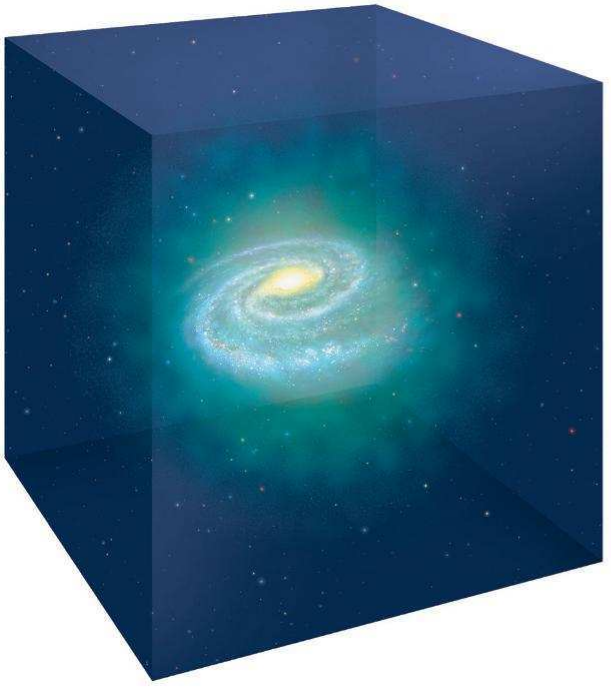
Da allora si sono accumulate ulteriori prove del fatto che c'è qualcosa che ignoriamo. Le minuscole fluttuazioni di temperatura della radiazione cosmica di fondo che pervade lo spazio, insieme alla distorsione gravitazionale della luce attorno alle galassie e agli ammassi di galassie e alla formazione della ragnatela cosmica di struttura a larga scala in tutto lo spazio confermano che, da sola, la materia ordinaria non può spiegare quello che vediamo.

Da molti decenni l'ipotesi più diffusa è che la materia oscura sia composta da nuove particelle mai rilevate finora, che non interagiscono con la luce. La spiegazione alternativa, secondo cui avremmo le particelle giuste ma le leggi di gravità sbagliate, ha ricevuto poca attenzione.

Trent'anni fa questa posizione era giustificata. L'idea di una materia oscura fatta di particelle faceva presa perché a quell'epoca i fisici avevano altre ragioni per credere nell'esistenza di nuove particelle. Intorno agli anni cinquanta e sessanta ci si era resi conto che protoni, neutroni ed elettroni che compongono gli atomi non sono le uniche particelle esistenti. Nei decenni successivi gli acceleratori di particelle iniziarono a produrre a tutto spiano nuove particelle, che diedero forma al modello standard della fisica delle particelle e aprirono la mente dei teorici al fatto che ne esistessero ancora altre. Per esempio, i tentativi di unificare le forze fondamentali della natura in un'unica forza richiedevano di teorizzare un insieme di nuove particelle, e il concetto di supersimmetria, sviluppato negli anni settanta, prevedeva una particella speculare per ogni particella conosciuta nell'universo. Alcune di

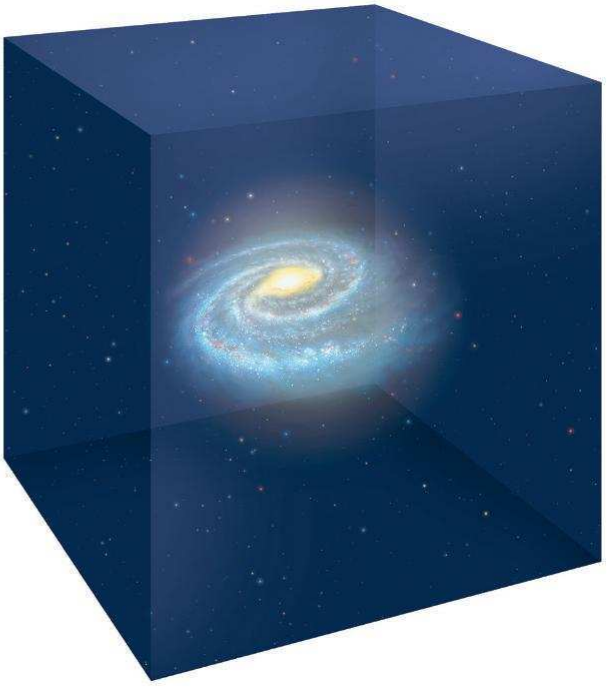
Materia oscura contro gravità modificata

Da tempo gli astronomi hanno notato che all'universo sembra mancare massa. I teorici hanno ipotizzato che nel cosmo debbano esistere particelle nascoste di qualche tipo, soprannominate «materia oscura», per spiegare come si muovono le stelle nelle galassie e le galassie negli ammassi. Gli esperimenti non sono riusciti però a trovare la materia oscura. Un'idea alternativa, cioè modifiche alle equazioni per la gravità, merita un riesame.



Con particelle nascoste

L'ipotesi della materia oscura afferma che attorno a galassie e ammassi sciamano particelle invisibili, con una massa complessiva di gran lunga più grande rispetto a quella della materia visibile. Attorno a ogni galassia, per esempio, un «alone» sferico di particelle oscure avvolgerebbe stelle e gas visibili, aggiungendo una quantità enorme di massa che spiegherebbe perché le stelle ai bordi delle galassie si muovono quasi alla stessa velocità di quelle vicine al centro.



Senza particelle nascoste

Se la materia oscura non esiste, è possibile modificare le leggi della gravità per spiegare le velocità delle stelle ai margini delle galassie. Le teorie della gravità modificata rivedono le equazioni della relatività generale di Einstein in modo da spiegare quello che osserviamo. Invece di un alone di materia oscura invisibile che circonda le galassie, esistono solo gli oggetti visibili.

queste particelle teorizzate sarebbero state buoni candidati per la materia oscura. Un'altra particella sospettata per questo ruolo era l'assione, inventato per spiegare il valore molto piccolo di un parametro del modello standard. Ma dopo trent'anni di tentativi falliti di rilevare una di queste particelle, non è più ragionevole ignorare ipotesi alternative.

Nel frattempo l'idea che la materia oscura sia costituita da particelle ha ricevuto una spallata anche da una direzione completamente diversa. Nuovi dati astrofisici registrati e analizzati da uno di noi (McGaugh), e da altri, sono in conflitto con le previsioni sulla materia oscura composta da particelle, ed è sempre più chiaro che alcuni vecchi problemi del paradigma della materia oscura sopravvivono anche dopo i numerosi tentativi di risolverli.

Aggiornare le equazioni della gravità è ancora una direzione valida in cui procedere. Anziché aggiungere particelle all'universo per giustificare la gravità addizionale che sembra esistere nelle galassie e negli ammassi, possiamo invece attenerci alle particelle conosciute ma aumentare la forza che esercitano l'una sull'altra. Spesso ignorata e trascurata, la «gravità modificata», come vengono chiamate queste teorie, non è mai stata esclusa. Oggi abbiamo una buona occasione per riconsiderare l'ipotesi che stessimo cercando la cosa sbagliata nel posto sbagliato. È il momento di dare un'occhiata più da vicino alla gravità modificata.

Modifiche alla gravità

Proposta originariamente dal fisico israeliano Mordehai Milgrom nel 1983, la gravità modificata cambia le regole matematiche che descrivono come la forza di gravità deriva dalla massa. Nella maggior parte dei casi (cioè in situazioni non estreme in cui la gravità newtoniana è una buona approssimazione), descriviamo questa forza con la legge dell'inverso del quadrato: la forza di gravità tra due oggetti dipende dalle loro masse e diminuisce con l'inverso del quadrato della distanza tra loro. Questa legge è ormai classica e appare ovunque in fisica, dalle equazioni che descrivono come l'intensità della luce diminuisce con la distanza alle regole che descrivono la pressione acustica. Ma che cosa succede se la gravità non segue sempre la legge dell'inverso del quadrato? E se le equazioni, in determinate circostanze, dovessero essere ritoccate?

Illustrazione di Lynette Cook

La prima proposta di Milgrom – la dinamica newtoniana modificata (MOND) – si applicava solo alle leggi di gravità newtoniane, ma la teoria generale della relatività di Albert Einstein ci ha insegnato che la gravità è dovuta alla curvatura dello spazio e del tempo. Questa limitazione della MOND originaria è stata probabilmente il motivo principale per cui molti fisici non l'hanno presa sul serio. Adesso però conosciamo diversi modi per rendere la MOND compatibile con la relatività generale, ognuno dei quali usa vari tipi di campi che si comportano in modo leggermente diverso per descrivere come l'attrazione gravitazionale deriva dalla massa. È questa decina di teorie più complete che chiamiamo collettivamente gravità modificata. Ignorarle per motivi puramente teorici non è più giustificabile. Un'altra obiezione alla gravità modificata è che la sua espressione matematica appare poco elegante dal punto di vista della fisica delle particelle. Non solo non ha un aspetto familiare, ma è anche più difficile da gestire rispetto alla materia oscura composta da particelle, che impiega tecniche che fanno parte del repertorio matematico di tutti. Sebbene questi fattori contribuiscano a spiegare l'impopolarità dell'idea, non sono motivi scientifici per scartarla.

Nonostante le potenzialità della gravità modificata, tuttavia, in questo ambito gli scienziati hanno investito quasi tutte le energie nella ricerca della materia oscura. Dalla metà degli anni ottanta decine di progetti hanno cercato le rare interazioni previste tra particelle di materia oscura e materia ordinaria. In questi esperimenti si collocano grandi serbatoi di gas nobili liquefatti o di solidi preparati opportunamente, mantenuti a temperature bassissime, in ambienti ben schermati, come miniere sotterranee, per evitare la contaminazione da parte delle radiazioni cosmiche. Rivelatori sensibili attendono pazienti i segni distintivi di una particella di materia oscura che rimbalza su un nucleo atomico nel bersaglio liquido o solido.

È sempre più chiaro che alcuni vecchi problemi del paradigma della materia oscura sopravvivono ancora oggi

L'ultima tornata di ricerche sulla materia oscura si è appena conclusa. I sensibilissimi esperimenti Large Underground Xenon (LUX), in South Dakota, e Particle and Astrophysical Xenon Detector (PandaX-II), nella provincia del Sichuan, in Cina, come tutti gli altri tentativi di rilevamento della materia oscura prima di loro, hanno riferito di non aver trovato prove delle particelle che potrebbero costituire la materia oscura. Anche i primi risultati di XENON1T (un'evoluzione di XENON100, che a sua volta lo era di XENON10 ai Laboratori nazionali del Gran Sasso dell'Istituto nazionale di fisica nucleare sono stati negativi. In Giappone, Super-Kamiokande non ha osservato alcun segnale di decadimento di protoni, che costituirebbe una prova a favore dell'unificazione delle forze fondamentali e darebbe credibilità all'idea che debbano esistere queste particelle invisibili. Parallelamente, gli scienziati del Large Hadron Collider (LHC) al CERN di Ginevra hanno cercato nuove particelle con le giuste proprietà per la materia oscura e non ne hanno visto traccia. Oltre al previsto bosone di Higgs, LHC non ha osservato nuove particelle.

Naturalmente questi risultati negativi non escludono la materia oscura. Le teorie sulla materia oscura particellare sono diventate sempre più sofisticate, per non dire forzate. Per eludere il conflitto con l'assenza di risultati sperimentali, i teorici ora ipotizzano che queste particelle interagiscano con la materia ordinaria ancora meno di quanto si pensasse inizialmente. Alcuni ricercatori hanno iniziato a ipotizzare ulteriori forze e altre specie di particelle da aggiungere alle nuove particelle originali. Questa proliferazione di particelle invisibili è diventata così comune nella letteratura che le è stato dato un nome collettivo: il «settore nascosto».

Teorie a confronto

In assenza di segni di nuove particelle, dobbiamo chiederci quanto bene le due teorie, della materia oscura e della gravità modificata, spieghino le prove che ci vengono dalla natura.

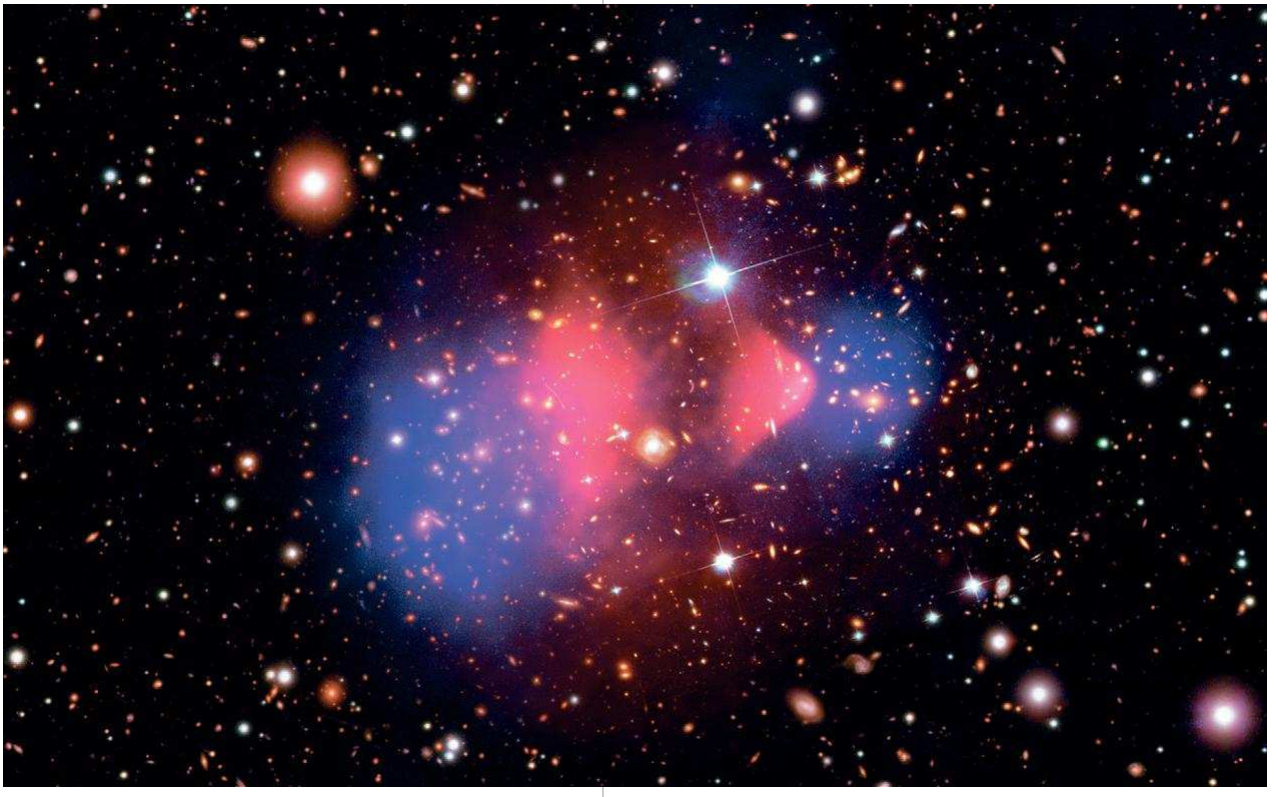
Nel complesso l'ipotesi che l'universo contenga circa cinque volte più materia oscura che materia normale funziona bene per spiegare il cosmo che ci circonda. Sebbene le sue proprietà microscopiche possano essere complicate, su larga scala la materia oscura segue equazioni semplici. Possiamo descriverne il comportamento come quello di un fluido senza pressione interna, con un'unica variabile: la densità media delle particelle nello spazio.

Trattare la materia oscura come un fluido privo di pressione è sufficiente per riprodurre i fenomeni che osserviamo nel fondo cosmico a microonde e se la cava bene anche con la formazione di strutture cosmiche su larga scala. Via via che l'universo delle origini si espandeva e la materia si raffreddava, la materia oscura composta da particelle, non potendo accumulare pressione interna, avrebbe cominciato a raggrupparsi sotto la spinta della gravità più velocemente della materia ordinaria. Solo in seguito la materia ordinaria si sarebbe raccolta all'interno di nubi di materia oscura a formare le galassie. Questo scenario si adatta bene ad alcuni aspetti delle nostre osservazioni.

La materia oscura particellare spiega i movimenti delle stelle all'interno delle galassie se ne distribuiamo le quantità necessarie dove serve; gli ammassi di galassie funzionano più o meno allo stesso modo. Visto che i teorici possono disporre la materia oscura in modo così flessibile, riescono a fare in modo che tutte le osservazioni coincidano con le previsioni della relatività generale.

Ma questa flessibilità della materia oscura particellare è anche la sua princpale debolezza. Le galassie non sono particelle, e non ce ne sono due uguali. Ogni galassia ha la sua storia; ognuna di esse è nata dalla danza dei miliardi di stelle che la compongono, mosse dall'attrazione gravitazionale. Alcune galassie giovani si scontrano e formano galassie più grandi, altre no. Alcune galassie finiscono col diventare dischi rotanti, altre strutture ellittiche gonfie. A volte la materia oscura cattura con la sua attrazione gravitazionale molta materia ordinaria, altre volte no. A causa di queste numerose variazioni, ci si aspetterebbe un rapporto diverso da una galassia all'altra tra materia oscura e materia ordinaria. Sarebbe prevedibile una grande eterogeneità, non regole rigide, ma i dati non la pensano così.

Nel 2016 McGaugh e colleghi hanno effettuato migliaia di misurazioni su più di 150 galassie e hanno paragonato l'attrazione gravitazionale prevista in base alla materia ordinaria con quella osservata, che presumibilmente risulta dall'effetto congiunto della materia oscura e dalla materia ordinaria. Quello che hanno scoperto è stato sorprendente: una forte correlazione tra le due, tanto che con una semplice equazione si mette in relazione la quantità



NASA/CXC/CfA/M. Markevitch e altri (*raggi X*); NASA/STScI e Magellan/Università dell'Arizona/D. Clowe e altri (*ottico*); NASA/STScI, ESO WFI e Magellan/Università dell'Arizona/D. Clowe e altri (*effetto lente*)

Una collisione offre indizi

Il Bullet Cluster è una coppia di ammassi di galassie che si sono scontrati molto tempo fa, in un raro esempio di collisione frontale ad alta velocità. Le immagini riprese in luce visibile e ai raggi X (*in rosso*), insieme alle misurazioni di come la gravità devia la luce (lente gravitazionale) (*in blu*), rivelano che in ogni ammasso il centro di massa e di gravità totale è spostato rispetto al centro della massa visibile.

Spesso si dice che il Bullet Cluster è una prova della materia oscura particellare. Dato che queste particelle interagirebbero meno della materia ordinaria, la collisione avrebbe permesso alle nuvole di materia oscura degli ammassi di attraversarsi a vicenda mentre le masse visibili interagivano e rimanevano indietro. Questa descrizione corrisponde a quello che osserviamo, tuttavia è enormemente semplificata.

Anche nella gravità modificata il punto in cui si concentra l'attrazione gravitazionale può essere spostato rispetto alla massa normale. Questo può accadere perché ogni forza, compresa la gravità, si ritiene sia trasmessa da una particella di tipo speciale, e queste particelle hanno proprie leggi dinamiche da soddisfare. Quando la gravità modificata prende in considerazione i possibili effetti dovuti a queste particelle mediatrici, può anche prevedere quello che vediamo nel Bullet Cluster.

Ma il fatto più importante è che questo ammasso è un evento estremo e, statisticamente, un valore anomalo. La sua stessa esistenza è difficile da spiegare sia con la materia oscura particellare sia con la gravità modificata. Usarlo come prova a favore o contro uno di questi approcci serve solo a confermare i nostri preconcetti.

apparente di materia oscura con la quantità di materia ordinaria in ogni galassia. Le deviazioni dalla curva ottenuta sono poche e piccole (*si veda il box a p. 35*).

Questa correlazione è difficile da riprodurre con simulazioni al computer che trattano i due tipi di materia come componenti indipendenti. È possibile fare in modo che le simulazioni si adattino ai dati, ma occorre inserire molti parametri che devono essere scelti con cura. La gravità modificata prevede invece questa correlazione: poiché nel suo scenario è contemplato un solo tipo di materia – la materia ordinaria – è ovvio che la gravità totale segue da vicino la gravità provocata dalla materia visibile. Negli anni ottanta Milgrom arrivò a prevedere proprio questa osservazione.

Galassie insolite

L'ipotesi della materia oscura ha anche altri problemi come, per esempio, le «galassie a bassa luminosità superficiale». In queste galassie fioche la materia visibile è sparsa in modo assai meno fitto rispetto alle galassie simili alla Via Lattea.

All'inizio l'ipotesi della materia oscura ci aveva indotti a ritenere che le galassie a bassa luminosità superficiale – cioè con piccole quantità di materia visibile – dovessero in genere avere anche piccole quantità di materia oscura. Gli scienziati presumevano che le stelle che orbitavano a grande distanza dal centro galattico si muovessero più lentamente in queste galassie che nelle normali galassie delle stesse dimensioni perché c'era meno gravità complessiva che trascinava i corpi celesti lungo le loro orbite. Ma quando sono arrivati i dati questa previsione si è rivelata sbagliata. In queste galassie insolite, le stelle esterne si muovevano altrettanto velocemente che in quelle normali, facendo ritenere che nelle galassie a bassa luminosità superficiale ci fosse effettivamente molta materia, nonostante la scarsità delle stelle. Se ne deduce che in questi

oggetti il rapporto tra materia oscura e materia ordinaria deve essere molto più alto di quanto si prevedesse in origine. Ma perché le cose starebbero così?

All'inizio l'ipotesi della materia oscura non offriva alcuna spiegazione. Ma, come abbiamo già sottolineato, è un'ipotesi molto flessibile, così quando i teorici hanno cercato modi per spiegare questa strana situazione, li hanno trovati.

Per far coincidere i risultati con la teoria, gli scienziati hanno dovuto calibrare con precisione la quantità di materia oscura in ogni galassia in funzione della luminosità superficiale delle stelle: più il sistema è fioco, più materia oscura contiene. Ciò richiedeva qualche meccanismo per permettere a queste galassie di eliminare la materia luminosa via via che si formavano, in modo che il rapporto passasse a favore della materia oscura. Oggi il metodo più diffuso è aggiungere un «*feedback* stellare» alle simulazioni informatiche: questo feedback è provocato dalla pressione che si genera quando stelle dotate di massa elevata irradiano il gas che le circonda con fotoni altamente energetici, emettono forti venti stellari e alla fine diventano supernove. Queste gigantesche esplosioni possono far esplodere la materia allontanandola dalle galassie, e poiché la materia oscura interagisce molto debolmente queste esplosioni avrebbero più effetto sulla materia ordinaria che su quella oscura. Le galassie in cui ci sono molte supernove finirebbero con l'avere una maggiore percentuale di materia oscura.

Forse però la verità si trova nel mezzo: un tipo di materia oscura che può mascherarsi da gravità modificata

Ma anche se sappiamo che il feedback stellare svolge un ruolo importante nella formazione di stelle e ammassi stellari il suo ruolo durante la formazione delle galassie è meno chiaro. Per risolvere il problema posto dalle galassie a bassa luminosità superficiale, quasi tutta l'energia delle supernove deve servire a spingere la materia fuori dalle galassie. Tuttavia, un livello così elevato di efficienza è assai poco plausibile per un processo naturale. La gravità modificata, d'altro canto, prevede il risultato osservato senza fare uso del feedback, come ha previsto le velocità di rotazione delle stelle osservate nelle galassie normali.

Altri problemi

La questione delle galassie a bassa luminosità superficiale è tutt'altro che l'unico difetto della materia oscura composta da particelle. La teoria prevede, per esempio, una densità di materia molto elevata nei nuclei delle galassie, in contrasto con quanto misuriamo. Prevede molte più galassie nane di quante ne osserviamo e non riesce a prevedere il fatto che le galassie e le loro galassie satellite si dispongono su uno stesso piano. Questi sono solo i punti più significativi di disaccordo, mentre la gravità modificata funziona meglio in tutte queste aree.

L'assenza di picchi di densità nei nuclei galattici, in particolare, coincide così male con la descrizione in termini di materia oscura che quando i dati si conoscevano da poco tempo molti astrofisici dubitavano che fossero corretti. Prima i teorici avevano affermato che la risoluzione delle misurazioni era inadeguata. Quando altri dati successivi hanno risolto il problema della risoluzione, hanno dato la colpa ad altri errori sistematici. Ma, dopo molte altre generazioni di osservazioni ottenute da gruppi diversi, la conclusione rimaneva la stessa: la materia oscura non spiega bene quello che vediamo al centro delle galassie.

È vero che l'inserimento del feedback stellare e di altri effetti astrofisici nelle simulazioni al computer allevia questi problemi: dato che questi processi aggiuntivi aggiungono nuovi parametri alle simulazioni, i ricercatori possono convincere il programma a produrre galassie che mostrano una ragionevole somiglianza con quello che osserviamo. Queste galassie simulate possono quindi riprodurre anche la correlazione osservata tra la quantità di materia oscura particellare e quella di materia ordinaria. Le simulazioni al computer, però, non spiegano l'origine di questa correlazione.

La gravità modificata ha anche un altro vantaggio. A differenza delle simulazioni con la materia oscura, può spiegare come si comportano le galassie piccole intrappolate nel campo gravitazionale di galassie più grandi. Per esempio i suoi calcoli hanno funzionato benissimo nel prevedere come una serie di galassie nane scoperte di recente ruotano attorno alla grande galassia nostra vicina, Andromeda. Queste minuscole galassie nane sono soggette a un'attrazione gravitazionale da parte della loro gigantesca ospite che è più forte della loro gravità interna. In una situazione del genere la gravità modificata offre una previsione diversa da quella che darebbe se le galassie nane fossero isolate, ed è questa previsione specifica che troviamo realizzata nelle osservazioni. Per far rientrare questo aspetto dei dati nella materia oscura particellare, invece, è necessario aggiungere ulteriori ipotesi alle simulazioni al computer.

Ma siamo onesti: nonostante questi numerosi successi nelle previsioni, la gravità modificata ha seri problemi. Sebbene funzioni su una vasta gamma di tipi diversi di galassie, non è in grado di spiegare molto bene il movimento degli ammassi di galassie. E sul comportamento del cosmo nel suo complesso la gravità modificata tace. In questi casi la materia oscura particellare funziona meglio; rende conto delle proprietà del fondo cosmico a microonde e della distribuzione delle galassie in tutto l'universo, dove la gravità modificata non ha risposte. Scartare la gravità modificata perché non affronta queste situazioni, però, sarebbe un errore. È una teoria che ha formulato previsioni molto riuscite; anche se non capiamo perché, ignorarla non sarebbe d'aiuto.

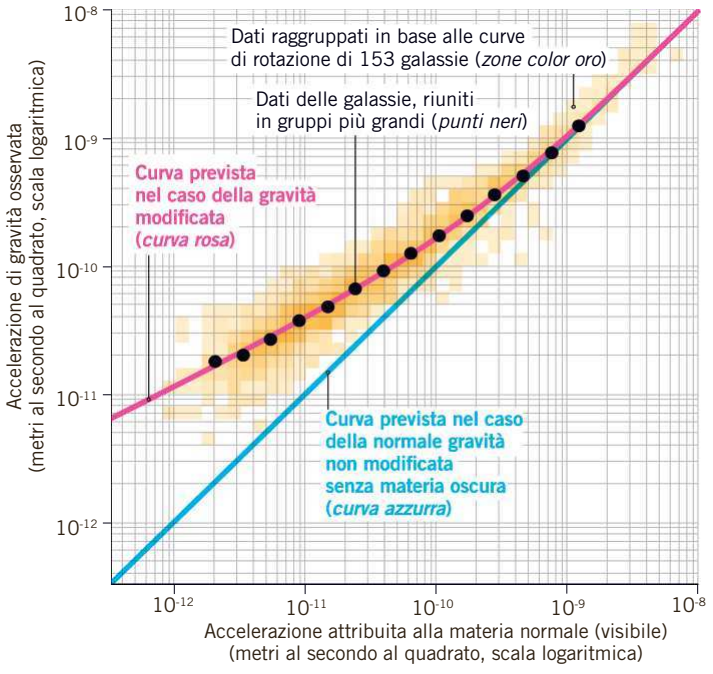
Andiamo avanti

In questo momento, materia oscura particellare e gravità modificata hanno pregi e difetti. Alcuni recenti sviluppi teorici fanno ritenere che forse la verità sia nel mezzo: un tipo di particella di materia oscura che può mascherarsi da gravità modificata.

Nel 2015 Justin Khoury, dell'Università della Pennsylvania, e colleghi hanno scoperto che alcuni tipi di materia oscura particellare possono diventare superfluidi, cioè fluidi che scorrono senza resistenza, in cui predominano gli effetti quantistici. Quando la materia oscura superfluida si accumula a formare galassie, le sue proprietà quantistiche possono generare una forza a lungo raggio che somiglia alla gravità modificata. Il superfluido stesso ha un'attrazione gravitazionale, ma secondo l'ipotesi di Khoury la maggior parte degli effetti che attualmente assegniamo alla materia oscura non deriva dalla gravità ma dall'interazione diretta del superfluido con la materia normale. Questo fenomeno spiegherebbe il motivo per cui è difficile giustificare con la gravità la for-

Un problema per la materia oscura

Uno studio del 2016 ha esaminato i movimenti delle stelle nelle galassie e ha rilevato che la gravità totale presente (in ordinate) è direttamente proporzionale alla gravità causata dalla materia visibile (in ascisse). Questa nitida proporzionalità sarebbe sorprendente se esistesse la materia oscura, perché il numero di particelle invisibili non dovrebbe dipendere unicamente dalla quantità di materia visibile: le diverse forme, dimensioni e contenuto di gas delle galassie dovrebbero provocare qualche variazione. Le teorie della gravità modificata, invece, prevedono proprio questa relazione.



za che osserviamo agire sulla materia normale nelle galassie: non è dovuta alla gravità.

L'idea che la materia oscura sia un superfluido che imita la gravità modificata chiarisce anche il motivo per cui la gravità modificata non funziona bene nel caso degli ammassi di galassie. Nella maggior parte degli ammassi la gravità non è intensa a sufficienza da rendere superfluide le particelle, che in queste situazioni si comportano come un normale fluido, cioè come materia oscura particellare.

E come una di noi (Hossenfelder) ha notato per caso, il concetto di superfluido coincide con un'altra linea di ricerca, dovuta a Erik Verlinde, dell'Università di Amsterdam. Verlinde sfrutta idee della teoria delle stringhe per sostenere che l'impressione che l'universo contenga più materia di quella che osserviamo sia un'illusione causata dalla reazione dello spazio alla presenza della massa. Sebbene questa idea sia all'apparenza diversa dall'ipotesi del superfluido di Khoury, l'equazione chiave in entrambi i casi è quasi uguale.

Questa linea di ricerca è giovane, e potrebbe rivelarsi un vicolo cieco, ma fa vedere come guardare in modo nuovo alla gravità modificata possa aiutare a superare l'attuale fase di stagnazione nella ricerca sulla materia oscura.

Presto, inoltre, dovrebbero essere disponibili nuovi dati che aiuteranno a chiarire la verità. La tradizionale materia oscura composta da particelle, la gravità modificata e la materia oscura superfluida formulano per le galassie a bassa luminosità superficiale previsioni diverse che in un prossimo futuro potrebbero diventare verificabili. Attualmente la Dark Energy Survey sta identificando le galassie di questo tipo e l'anno prossimo, quando verrà attivato, il Large Synoptic Survey Telescope dovrebbe trovarne a centinaia. Le teorie sono in disaccordo anche a proposito dell'universo primordiale, quando si formarono le prime galassie. Queste galassie dovrebbero essere osservabili dal James Webb Space Telescope, il cui lancio è stato ancora rinviato al 2021, mentre future osservazioni radio a lunghezze d'onda elevate sonderanno le epoche buie precedenti.

Anche l'avvento dell'astronomia basata sulle onde gravitazionali ci sta dando nuovi indizi. Di recente il Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) ha rilevato le onde gravitazionali provocate dalla collisione di due stelle di neutroni. Allo stesso tempo, vari telescopi hanno osservato la luce in diverse lunghezze d'onda emessa dallo stesso evento. Queste osservazioni mostrano, con una precisione eccellente, che le onde gravitazionali viaggiano alla stessa velocità della luce. Questa scoperta ha escluso alcune varianti della gravità modificata, ma certamente non tutte.

Al momento decine di scienziati stanno studiando la gravità modificata, mentre diverse migliaia stanno cercando la materia oscura particellare. Forse la gravità modificata è sbagliata, forse però la comunità scientifica non sta facendo uno sforzo autentico per appurarlo con certezza. L'universo ha l'abitudine di sorprenderci; dovremmo essere pronti ad accogliere con mente aperta quello che i dati futuri riveleranno. Le stelle possono ancora avere dei segreti, ma sono sotto stretta sorveglianza. ■

Fonti: Federico, Lelli European Southern Observatory; *Radial Acceleration Relation in Rotationally Supported Galaxies*, di Stacy S. McGaugh, Federico Lelli e James M. Schombert, in «Physical Review Letters», Vol. 117, articolo n. 201101, 11 novembre 2016

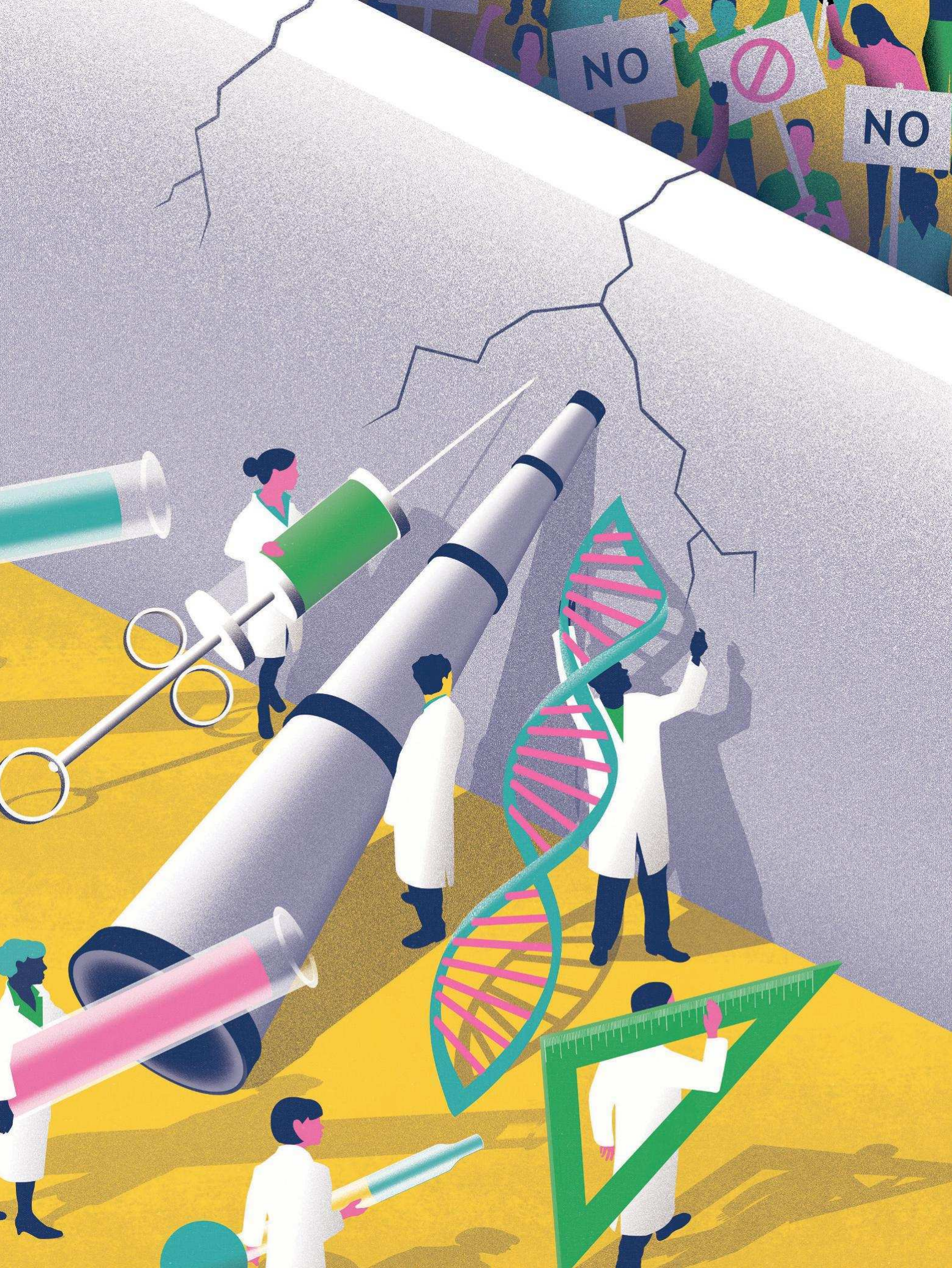
PER APPROFONDIRE

Radial Acceleration Relation in Rotationally Supported Galaxies. McGaugh S.S., Lelli F. e Schombert J.M., in «Physical Review Letters», Vol. 117, n. 20, articolo n. 201101, 11 novembre 2016. Preprint disponibile all'indirizzo: **https://arxiv.org/abs/1609.05917.**

Covariant Version of Verlinde's Emergent Gravity. Hossenfelder S., in «Physical Review D», Vol. 95, n. 12, articolo n. 124018, 15 giugno 2017. Preprint disponibile all'indirizzo: **https://arxiv.org/abs/1703.01415.**

Esiste davvero la materia oscura? Milgrom M., in «Le Scienze» n. 410, ottobre 2002.

Il mistero del cosmo nascosto. Dobrescu B.A. e Lincoln D., in «Le Scienze» n. 565, settembre 2015.


NO
NO

LO STATO DELLA SCIENZA NEL MONDO 2018

Una scienza da riparare

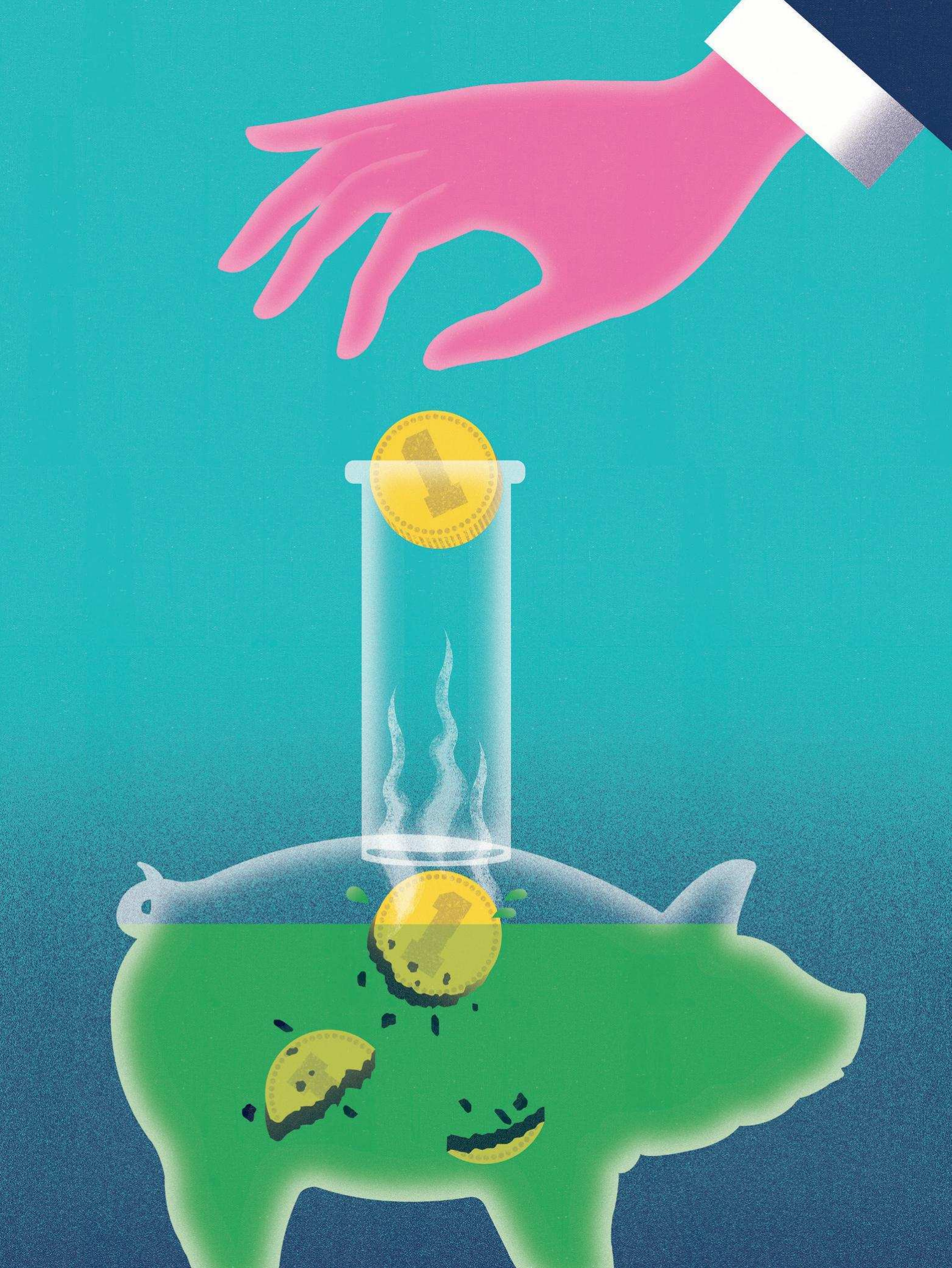
Che sia in corso o meno una vera «guerra alla scienza», un milione di sostenitori del pensiero scientifico si è sentito così minacciato da partecipare nel 2017 alla March for Science, la marcia mondiale per la scienza. Il presidente statunitense Donald Trump ha affermato che il riscaldamento globale è una «bufala» e la sua Amministrazione ha cancellato, bloccato ed eliminato i finanziamenti alle iniziative scientifiche per proteggere ambiente e salute pubblica. Il rifiuto del cambiamento climatico non è limitato agli Stati Uniti, e decine di paesi hanno proibito la coltivazione di piante OGM, nonostante sia dimostrato che gli alimenti geneticamente modificati sono sicuri come le varietà coltivate con metodi tradizionali.

Ci sono molti modi per reagire, tra cui migliorare l'istruzione, fare *outreach* (attività di comunicazione della scienza rivolte al pubblico) e mettere in atto riforme politiche. La scienza però deve anche far fronte ai propri problemi interni, ben presenti anche in Italia, che vanno dalle modalità di finanziamento al trattamento dei giovani scienziati, e deve garantire risultati riproducibili, tenere a freno i casi di molestie sessuali e incoraggiare l'interdisciplinarità. Alcune soluzioni stanno già mostrando potenzialità di riuscita su questi fronti, tuttavia la scienza deve diventare più forte per resistere agli attacchi attuali.

IN BREVE

Per resistere alle correnti antiscientifiche gli scienziati devono sostenere le loro iniziative dall'interno.
Le modalità di finanziamento alla ricerca sono inefficienti e spesso producono risultati mediocri. Troppe scoperte non superano un minuzioso esame scientifico e non soddisfano il criterio di riproducibilità. E c'è il problema delle molestie sessuali.
La vita è troppo dura per i giovani scienziati, che devono fronteggiare inutili ostacoli per trovare lavoro e finanziamenti e mettere su famiglia nel rispetto dei tempi accademici. E troppi scienziati sono isolati dai loro pari di altre discipline.

Illustrazione di Neil Webb



LO STATO DELLA SCIENZA NEL MONDO 2018

Ripensare i finanziamenti

Il modo in cui distribuiamo i fondi per la ricerca scientifica non favorisce i risultati migliori

di John P. A. Ioannidis

Illustrazione di Neil Webb

John P. A. Ioannidis è professore di medicina, di ricerca e politica della salute, di scienza dei dati applicata all'area biomedica e di statistica alla Stanford University. Inoltre è condirettore del Meta-Research Innovation Center di Stanford (METRICS).

Con milioni di articoli scientifici pubblicati ogni anno e oltre 2000 miliardi di dollari di investimenti annui in ricerca e sviluppo, la scienza continua sicuramente a progredire. Ma si può fare meglio? Ci sono sempre più prove che alcuni dei modi in cui la ricerca è effettuata, valutata, pubblicata e disseminata sono terribilmente inefficaci. Una serie di articoli pubblicati nel 2014 su «The Lancet», per esempio, stimava che l'85 per cento degli investimenti in ricerca biomedica vada sprecato, e molte altre discipline hanno problemi simili. Ecco alcune delle ragioni per cui gli attuali sistemi di premi e incentivi non funzionano, e alcune proposte per risolvere questi problemi.

Si finanziano pochi scienziati

I finanziamenti sono concentrati per la maggior parte nelle mani di pochi ricercatori, ma gli scienziati di talento sono numerosi e i grandi successi dipendono spesso dalla fortuna, oltre che dal duro lavoro. I ricercatori che oggi godono di sovvenzioni considerevoli non sono necessariamente i più validi, magari sono soltanto coloro che hanno i contatti migliori.

Soluzioni:

- Usare un sorteggio per scegliere a quali domande di finanziamento attribuire i fondi (eventualmente dopo aver sottoposto le candidature a un controllo di base). Questo sistema eliminerebbe una mole di lavoro e le spese attualmente destinate ad analizzare le domande di finanziamento, offrendo una possibilità a molti più ricercatori.
- La proposta di un tetto massimo ai finanziamenti che ciascun ricercatore può ricevere è stata bocciata violentemente dalle prestigiose istituzioni che incassano di più da questa eccessiva concentrazione dei fondi di ricerca. Trasferire i fondi dagli studiosi più anziani a quelli più giovani, anche all'interno di uno stesso laboratorio, non avrebbe però effetti negativi per quelle istituzioni e renderebbe più aperte al rinnovamento le schiere di *principal investigator* (che sono i titolari dei fondi).

Non si premia la trasparenza

Molti protocolli scientifici, metodi di analisi, processi computazionali e dati sono poco trasparenti. Quando i ricercatori cercano di aprire queste scatole nere, spesso scoprono che non si riescono a riprodurre molti risultati tra i più importanti. È quanto avviene con due articoli di rilievo su tre in psicologia, uno su tre in economia sperimentale e più del 75 per cento di quelli che identificano nuovi bersagli farmacologici del cancro. Cosa ancora più importante, non si premiano gli scienziati che condividono le proprie tecniche, un'attività che dimostra buon senso civico nei confronti del mondo scientifico ma che richiede un considerevole sforzo. Negli ambienti più competitivi, molti ricercatori si chiedono addirittura: perché regalare strumenti agli avversari? Perché condividere?

Soluzioni:

- Creare un'infrastruttura migliore per permettere la trasparenza, l'apertura e la condivisione.
- Fare della trasparenza un prerequisito per i finanziamenti.
- Quando si tratta di assumere, promuovere oppure offrire un incarico di ruolo a qualcuno, università e istituti di ricerca potrebbero favorire i campioni della trasparenza.

Non si incoraggia la riproduzione dei risultati

Sotto una pressione continua per produrre risultati nuovi, in molti campi i ricercatori hanno pochi incentivi e molti disincentivi a cercare di riprodurre i risultati di studi precedenti. Eppure la riproduzione dei risultati è un elemento indispensabile del metodo scientifico, senza il quale si corre il rischio di inondare le riviste scientifiche di informazioni sbagliate che non vengono mai corrette.

Soluzioni:

- Gli enti che finanziano la ricerca devono pagare studi che puntano alla riproduzione dei risultati.
- La carriera degli scienziati si dovrebbe basare sulle loro scoperte, ma non solo. Si dovrebbero prendere in considerazione anche gli studi condotti per riprodurre i risultati ottenuti da altri.

Non si finanziano ricercatori giovani

L'età media in cui i ricercatori biomedici ricevono il primo finanziamento consistente è di 46 anni, e sta aumentando con il passare del tempo. L'età media dei professori ordinari negli Stati Uniti è di 55 anni, e anch'essa è in aumento. Nel 2017 solo l'1,6 per cento dei finanziamenti attribuiti dai National Institutes of Health (NIH) con il programma Research Project Grant è andato a principal investigator di meno di 36 anni, mentre il 13,2 per cento è andato a scienziati dai 66 anni in su. Anche in altre discipline si nota un simile andamento in crescita delle età, che non si spiega solo con l'aumento della speranza di vita. Werner Heisenberg, Albert Einstein, Paul Dirac e Wolfgang Pauli offrirono i loro contributi più importanti attorno ai 25 anni; pensate a come sarebbe andata se si fossero sentiti dire che dovevano aspettare altri 25 anni prima di poter ricevere finanziamenti. È possibile che alcune tra le menti più brillanti abbandonino la scienza piuttosto che aspettare.

Soluzioni:

- Si dovrebbe riservare una porzione maggiore di finanziamenti ai giovani ricercatori.
- Le università dovrebbero cercare di modificare la distribuzione per età del corpo docente assumendo più ricercatori giovani.

Alcune fonti dei finanziamenti non sono imparziali

Negli Stati Uniti gran parte delle sovvenzioni per la ricerca e lo sviluppo non viene dal governo ma da entità private a scopo di lucro, il che solleva inevitabilmente conflitti di interesse e pressioni verso la presentazione di risultati favorevoli al finanziatore. Per esempio, le sperimentazioni cliniche

sovvenzionate dall'industria farmaceutica hanno il 27 per cento di probabilità in più di ottenere risultati positivi rispetto a quelle sovvenzionate con fondi pubblici. Alcuni finanziatori sono poco credibili come sostenitori della ricerca della verità scientifica: per esempio Philip Morris (uno dei maggiori produttori di sigarette) ha annunciato un contributo di 960 milioni di dollari distribuiti su 12 anni per la creazione della Foundation for a Smoke Free World, un'iniziativa non a scopo di lucro con l'obiettivo di eliminare il fumo. La comunicazione pubblica dei conflitti di interesse è migliorata in molti campi, ma le indagini più approfondite indicano che è ben lontana dall'essere completa.

Soluzioni:

- Limitare o addirittura proibire i finanziamenti in presenza di evidenti conflitti di interesse. Le riviste non dovrebbero accettare risultati che abbiano alla base conflitti del genere.
- Per i casi meno evidenti, per lo meno assicurare una comunicazione trasparente e completa dei conflitti di interesse.

Si finanziano i campi sbagliati

Come nella mafia, esistono campi e famiglie di idee che tradizionalmente hanno più potere di altri. I campi con i migliori finanziamenti attirano il lavoro di più scienziati, il che aumenta il raggio d'azione delle pressioni esercitate, alimentando un circolo vizioso. Alcuni settori di ricerca in cui questa situazione è più profondamente radicata assorbono enormi quantità di finanziamenti pur avendo dimostrato risultati limitati o difetti impossibili da correggere, a causa dei quali è inutile continuare a sovvenzionarli.

Soluzioni:

- È necessaria una valutazione indipendente e imparziale dei risultati nei settori che ricevono i finanziamenti più generosi.
- Si dovrebbero riservare più fondi di ricerca a campi nuovi e ad alto rischio.
- Si dovrebbero incoraggiare i ricercatori a cambiare campo, mentre adesso sono incentivati a concentrarsi su un'unica area.

Non si spende abbastanza

In molti paesi i finanziamenti pubblici sono fermi da tempo e sono sempre più minacciati dalla concorrenza di altre voci di bilancio. Negli Stati Uniti il budget per la spesa militare (886 miliardi di dollari) è pari a 24 volte quello dei NIH (37 miliardi di dollari). Il valore di una singola squadra di calcio come il Manchester United (4,1 miliardi di dollari) è maggiore dei finanziamenti annui disponibili per la ricerca in qualsiasi università. Investire sulla scienza aiuta la società nel suo insieme, ma spesso i tentativi di convincere di questo l'opinione pubblica peggiorano le cose, quando scienziati di primo piano, mossi dalle migliori intenzioni, promettono qualcosa di impossibile, come una cura immediata per il cancro o per il morbo di Alzheimer: quando queste promesse non si realizzano, il sostegno pubblico alla scienza può crollare.

Soluzioni:

- È necessario comunicare come sono usati i fondi di ricerca, rendendo più chiaro il processo scientifico, compreso il numero di ricercatori necessario a raggiungere risultati importanti. Università, musei delle scienze e giornalismo scientifico possono aiutare a diffondere questo messaggio.
- Sarebbe più facile convincere l'opinione pubblica dell'importanza della ricerca scientifica se si dimostrasse un impegno serio nel migliorarne la gestione.

Si premia chi spende molto

Assunzioni, promozioni e posti di ruolo sono assegnati in base alla capacità dei ricercatori di assicurarsi fondi consistenti, ma i soldi spesi per un progetto non sono necessariamente correlati alla sua importanza. Il modo in cui sono strutturate queste forme di riconoscimento favorisce soprattutto i manager più abili politicamente, che sanno come assorbire i finanziamenti.

Soluzioni:

- Bisognerebbe premiare i ricercatori in base alla qualità del lavoro, ai risultati riproducibili e al valore sociale, più che alla capacità di ottenere fondi.
- È possibile portare avanti ottimi progetti di ricerca con finanziamenti limitati o inesistenti al di là di quelli che servono per garantire del tempo protetto. Le istituzioni dovrebbero offrire questo tempo protetto e rispettare gli scienziati che riescono a produrre ottimi lavori senza spendere molto.

Non si finanziano idee ad alto rischio

Anche quando sono composti da ottimi scienziati, i comitati che decidono la distribuzione dei finanziamenti sono allergici alle idee rischiose. La pressione a «spendere bene» i soldi dei contribuenti spinge gli enti pubblici a sovvenzionare i progetti che hanno maggiori probabilità di ripagare l'investimento con risultati positivi, anche quando ci sono progetti più rischiosi che potrebbero portare a risultati più importanti, ma meno sicuri. Anche il mondo dell'industria evita di investire in progetti ad alto rischio, e lascia che siano le *start-up* a mettere alla prova le idee fuori dagli schemi (spesso con risultati fallimentari). Di conseguenza, nove delle dieci maggiori case farmaceutiche spendono più per il marketing che per ricerca e sviluppo. Gli enti che decidono l'attribuzione di finanziamenti pubblici sostengono di apprezzare l'«innovazione» nei progetti proposti, ma è una cosa priva di senso. L'innovazione è estremamente difficile, se non impossibile, da prevedere in anticipo, e qualsiasi idea che riesce a sopravvivere allo scrutinio di 20 persone incaricate di esaminarla (come avviene normalmente nel caso dei NIH) ha poche probabilità di essere davvero rivoluzionaria o innovativa: deve essere convenzionale, se non addirittura mediocre, per essere accettata da tutti.

Soluzioni:

- Attribuire i finanziamenti a ottimi ricercatori, invece che ai progetti, e dare loro la libertà di seguire le strade che sembrano loro più adatte nella ricerca. Esistono già alcune istituzioni che usano questo modello con successo, come per esempio lo Howard Hughes Medical Institute.
- Far capire all'opinione pubblica e ai decisori politici che la scienza è un investimento cumulativo. Su 1000 progetti, 999 possono fallire, ed è impossibile sapere in anticipo quale avrà successo. Il successo deve essere valutato sul programma d'insieme, non su un singolo esperimento o un singolo risultato.

Mancano dati affidabili

Sono piuttosto limitate le prove su quali siano le pratiche scientifiche più efficaci. Serve più ricerca sulla ricerca («meta-ricerca» o metanalisi) per capire quali siano i modi migliori per effettuare, valutare, controllare, disseminare e premiare la scienza.

Soluzione:

- Bisogna investire per studiare come si ottiene la migliore ricerca scientifica possibile e come si scelgono e si premiano gli scienziati migliori. Non bisogna affidarsi a opinioni (inclusa la mia) non sostenute da prove.

LO STATO DELLA SCIENZA NEL MONDO 2018

di Roberto Defez

La questione italiana

Stiamo perdendo ogni opportunità di innovazione scientifica, ma così l'Italia affonda nella decrescita infelice

Nell'articolo a pagina 38, Ioannidis si chiede come migliorare l'efficacia dei finanziamenti in ricerca e sviluppo, anche negli Stati Uniti. Seguendo un istinto di autoflagellazione, cerco di riprendere le domande che si pone e osservo come l'Italia stia facendo di tutto per perdere ogni opportunità di rilanciare le imprese nazionali, la loro competitività internazionale, lo sviluppo scientifico, culturale, tecnologico e sociale del paese, frustrando le doti degli scienziati italiani. Ioannidis elenca i difetti del sistema statunitense che riassumo in questo elenco e cito poi sotto forma di numero:

1. **I finanziamenti vanno sempre a pochi scienziati tra loro ben connessi**
2. **La trasparenza e la riproducibilità dei risultati non viene premiata**
3. **Non si aiuta chi deve verificare esperimenti già pubblicati**
4. **Non finanziamo abbastanza i giovani**
5. **Troppi finanziamenti privati che distorcono l'oggettività della scienza**
6. **Finanziamo sempre le stesse tematiche**
7. **Non investiamo abbastanza**
8. **Premiamo chi spende troppo e male**
9. **Non finanziamo idee ambiziose o innovative**
10. **Mancano metanalisi che provino la validità delle scelte strategiche**

Roberto Defez è primo ricercatore dell'Istituto di bioscienze e biorisorse del Consiglio nazionale delle ricerche a Napoli. È autore del libro *Scoperta. Come la ricerca scientifica può aiutare a cambiare l'Italia* (Codice Edizioni, 2018).

Sarebbe già un immenso passo avanti se potessimo concentrarci su questi problemi. Molto spesso in Italia sono poco finanziati tutti gli scienziati 1, inclusi i più bravi, quelli con «amicizie influenti», quelli più proni ad assecondare la fazione politica emergente. O magari un gruppo di ricerca mediocre riceve un finanziamento cospicuo, tuttavia per progetti inconcludenti o funzionali a creare cordate a cui distribuire piccole somme inutili. Ma anche dopo aver ricevuto fondi del genere mancano poi strutture, infrastrutture, manutenzioni, supporto tecnico e manageriale. Manca quasi sempre un ambiente di ricerca in cui sia possibile coordinare grandi progetti internazionali, depositare brevetti, difenderli giuridicamente, valorizzarli e farne sviluppo competitivo per le aziende interessate. Tanti fondi sprecati perché elargiti in maniera non competitiva, decisi da funzionari amministrativi e non da comitati scientifici di livello internazionale.

Per accaparrarsi fondi aleatori ed effimeri, non di rado alcuni scienziati sorvolano su aspetti di correttezza sperimentale 2. Aumentano i casi di vera frode scientifica e falsificazione dei dati. La riproducibilità dei dati sembra ormai un vezzo fuori moda 3. Questo tuttavia succede perché chi sbaglia non paga; anzi, chi pubblica tanto viene premiato, anche se sono pubblicazioni scadenti o contributi tecnici, non un reale avanzamento delle conoscenze.

Inutile dire che non finanziamo i giovani, anche perché ormai non assumiamo giovani 4. Assumiamo persone di mezza età che chiamiamo giovani in modo da non finanziare nemmeno loro. In compenso non abbiamo grandi pressioni a pubblicare dati compiacenti ottenuti da aziende private 5. Non abbiamo questo difetto perché in Italia le imprese finanziano *in house* le loro ricerche oppure se collaborano con laboratori di enti pubblici lo fanno per competere per fondi europei, facendo finta di cofinanziare parte delle attività. Comunque in Italia il finanziamento privato alla ricerca pubblica è una chimera. Non finanziamo le stesse tematiche, con poche eccezioni 6, anche perché da noi manca una visione di prospettiva della ricerca (tranne che nella fisica, forse).

Ma soprattutto non finanziamo la ricerca 7. I dati su questo tema elaborati da Consiglio nazionale delle ricerche, Istituto nazionale di statistica (ISTAT) e fonti europee sono da brividi, ma la realtà, ancora non del tutto compresa, è ancora più inquietante. Avevamo toccato un picco di finanziamenti alla ricerca pari all'1,33 per cento del prodotto interno lordo (PIL), per poi far diminuire questi fondi sia in termini assoluti sia relativi, visto che il PIL italiano è sceso molto. Siamo lontanissimi da tutti i paesi sviluppati. I soli finanziamenti agli enti di ricerca erano di 1,857 miliardi di euro nel 2002 e sono calati a 1,482 miliardi nel 2015, diminuendo del 20 per cento, oltre poi all'inflazione. Formavamo solo 10.000 dottorandi nel 2007: dieci anni dopo ne formiamo il 23 per cento in meno, ma già nel 2007 erano pochissimi.

Abbiamo tradito qualunque promessa di recuperare gli storici ritardi della scienza italiana. Ci sono meno donne nella ricerca e ancora meno nei ruoli dirigenziali, investiamo assai poco (23 per cento) in ricerca di base in rapporto al totale del finanziamento in ricerca. Stiamo contraendo i fondi nei settori più competitivi (agricoltura, salute, energia). Il paese si sta spaccando in due. Le imprese private sostengono il 60 per cento del totale della spesa per ricerca e sviluppo e sono insediate al nord. Il 72 per cento dei fondi che si spendono in Lombardia sono fondi privati, l'80 per cento in Piemonte. Al sud c'è quasi solo investimento pubblico (in Calabria l'83 per cento deriva dai fondi strutturali europei).

Al continuo contrarsi del finanziamento pubblico aumentano le distanze tra nord (dove le imprese assumono nuovo personale) e sud dove manca la leva privata. Abbiamo 5 ricercatori ogni 1000 occupati, la media europea è di 8. Nonostante il dinamismo imprenditoriale del Nord, le nostre aziende hanno quattro volte meno ricercatori di quelle francesi e sei volte meno di quelle tedesche. Tra il 2002 e il 2015 le imprese francesi hanno investito 2,5 volte di più delle italiane e quelle tedesche 5 volte di più: ogni anno, per 13 anni di fila. Tra i brevetti depositati negli Stati Uniti, l'Italia ne ha meno di paesi come Paesi Bassi, Svizzera o Svezia, ma poi si dovrebbe valutare quanti sono stati dati in licenza e quale sia stato il ritorno economico dei brevetti venduti.

Il sistema sta per collassare con una sanatoria di assunzioni in enti come il CNR. Assumendo (finalmente) migliaia di precari che lavorano da decenni nella ricerca, come previsto dalla «legge Madia», il CNR impegnerà fondi che vanno oltre la dotazione ordinaria e pensa di prelevare fondi dai *grant* competitivi ottenuti dai ricercatori. Anche commettendo questa razzia, non ci sarà più un centesimo per la ricerca: scienziati pagati per non poter lavorare. L'Italia meridionale affonderà poi nelle mancate opportunità: non ha approfittato dei fiumi di denaro (13 miliardi di euro tra il 2007 e il 2013) dei fondi strutturali europei 8; sta fallendo la migliore opportunità di fare di Campania, Sicilia, Puglia e Calabria un'area di sviluppo tecnologico avanzato capace di generare occupazione qualificata. Non abbiamo un'Agenzia nazionale della ricerca capace di valutare i progetti su una base meritocratica trasparente premiando le idee più innovative e meglio congegnate 9.

Infine dovremmo credere nel metodo scientifico galileiano e diffidare delle opinioni 10 usando anche le metanalisi. I dati rassicuranti per cui al diminuire dei fondi aumenta parecchio la qualità delle pubblicazioni scientifiche italiane sono falsati dal fatto che si mette la bandierina tricolore su pubblicazioni in cui anche un solo autore ha (pure) un'affiliazione italiana. Si dovrebbero invece contare solo le pubblicazioni in cui il *corresponding author* vive e lavora principalmente in Italia. Così, ci sarebbe poco di cui andare fieri. Gli scienziati italiani vincono tanti grant dello European Research Council, ma per lavorare all'estero. Perdiamo menti eccellenti, ma non importiamo bravi scienziati. Invece inseguiamo *fake news* e il Politecnico di Milano ospita convegni sull'agricoltura biodinamica mentre la «Sapienza» a Roma dà voce agli scettici del *climate change*, per non parlare dei corsi universitari sull'omeopatia.

L'investimento in ricerca deve essere fissato per legge ed essere autonomo dalla coalizione di governo. Per un riscatto dovremmo far rientrare parte di quell'enorme capitale umano che abbiamo fatto emigrare e ora può disincrostare le ruggini di un sistema scientifico accartocciato e miope, rassegnato e intimidito. Serve cambiare le generazioni e investire con le trasparenti regole internazionali per la valutazione del merito. ■

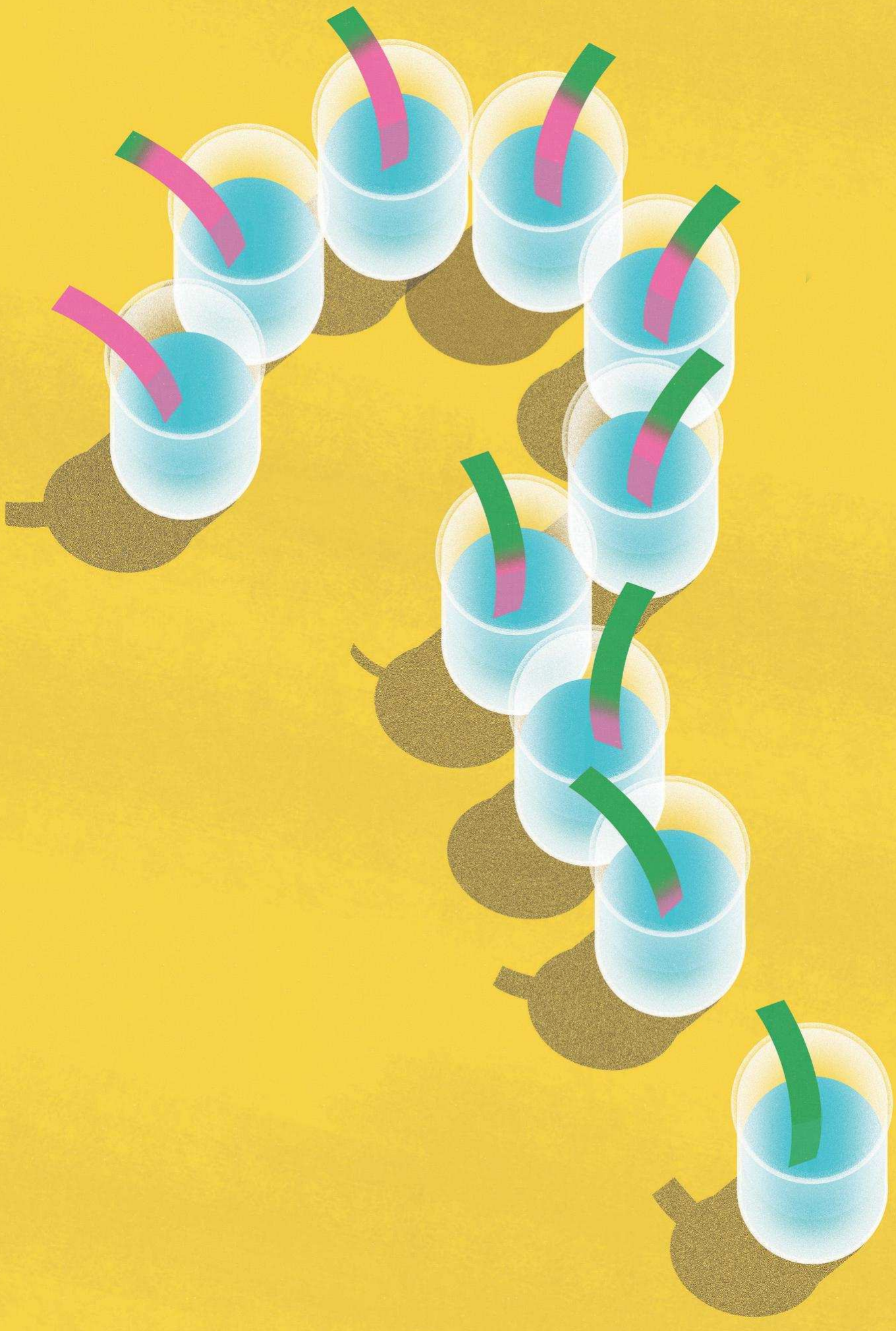
LO STATO DELLA SCIENZA NEL MONDO 2018

Rendere riproducibile la scienza

Incentivi migliori potrebbero ridurre l'allarmante numero di studi che si rivelano errati quando sono replicati

di Shannon Palus

Illustrazioni di Neil Webb



Shannon Palus è una giornalista *freelance* e una *reporter* dello staff di «Wirecutter», che fa parte della New York Times Company. I suoi lavori sono apparsi su «Slate», «Popular Science», «The Atlantic», «Discover», «Audubon», «Quartz», «Smithsonian» e «Retraction Watch».

Katie Corker si chiese a quale temperatura dovesse essere il caffè. Stava effettuando un esperimento di psicologia, o meglio lo stava rifacendo. La scoperta originale affermava che tenere tra le mani qualcosa di caldo potesse far sì che una persona si comportasse più calorosamente verso gli altri, ed era stata pubblicata nel 2008 sulla prestigiosa rivista «Science» scatenando una grande copertura mediatica. Però quando Corker tentò di riprodurre ogni passo di quello studio emersero molte incognite, come la temperatura del caffè caldo distribuito ai partecipanti e la rapidità con cui si raffreddava tra le loro mani.

Psicologa alla Grand Valley State University di Allendale, Corker stava cimentandosi in qualcosa che pochi scienziati tentano di fare: replicare attentamente una ricerca e pubblicare i risultati. Nel suo caso l'obiettivo era verificare se lavorando in un altro laboratorio con un gruppo diverso di volontari era possibile ottenere lo stesso risultato dello studio pubblicato su «Science», che era stato effettuato da un solo gruppo di ricerca con appena 94 partecipanti che tenevano stretto in mano del caffè o cuscinetti terapeutici di diverse temperature. In teoria la ricerca scientifica dovrebbe funzionare così: come un processo autocorrettivo in cui i ricercatori costruiscono qualcosa basandosi sulle scoperte di altri.

Per decenni è stato un segreto di Pulcinella che in alcuni settori una buona parte della letteratura è errata. In biomedicina la verità è diventata chiara nel 2012. All'epoca C. Glenn Begley era vice-presidente e direttore globale della ricerca ematologica e oncologica della Amgen, una casa farmaceutica, e sovrintendeva allo sviluppo di farmaci antitumorali basati in parte su promettenti ricerche accademiche. Dopo dieci anni di questo lavoro ha voluto sapere perché erano stati sospesi alcuni progetti che tentavano di raggiungere importanti risultati in campo farmacologico. Ha analizzato i documenti aziendali e ha scoperto che, incredibilmente, spesso il problema si verificava nella ricerca preclinica, che i suoi gruppi di lavoro analizzavano minuziosamente prima di investire denaro e risorse in trattamenti basati su di essa. «Ho scoperto che il 90 per cento delle volte non eravamo in grado di riprodurre quanto era stato pubblicato», racconta Begley, che ora è amministratore delegato dell'azienda australiana BioCurate. Successivamente uno studio avrebbe scoperto che l'incapacità di replicare il lavoro preclinico in campo biomedico fa sprecare ogni anno 28,2 miliardi di dollari nei soli Stati Uniti. Begley ha addirittura inviato scienziati di Amgen presso alcuni laboratori per osservarli mentre tentavano di riprodurre i risultati della loro stessa ricerca. Senza esito.

Nel frattempo la crisi è diventata evidente in psicologia. Circa 300 scienziati si sono offerti per ripetere gli esperimenti di 100 articoli nell'ambito del *Reproducibility Project: Psychology* diretto da Brian Nosek, dell'Università della Virginia. Nel 2015 hanno dichiarato che solo il 36 per cento degli esperimenti ripetuti mostrava risultati significativi in linea con le scoperte originali.

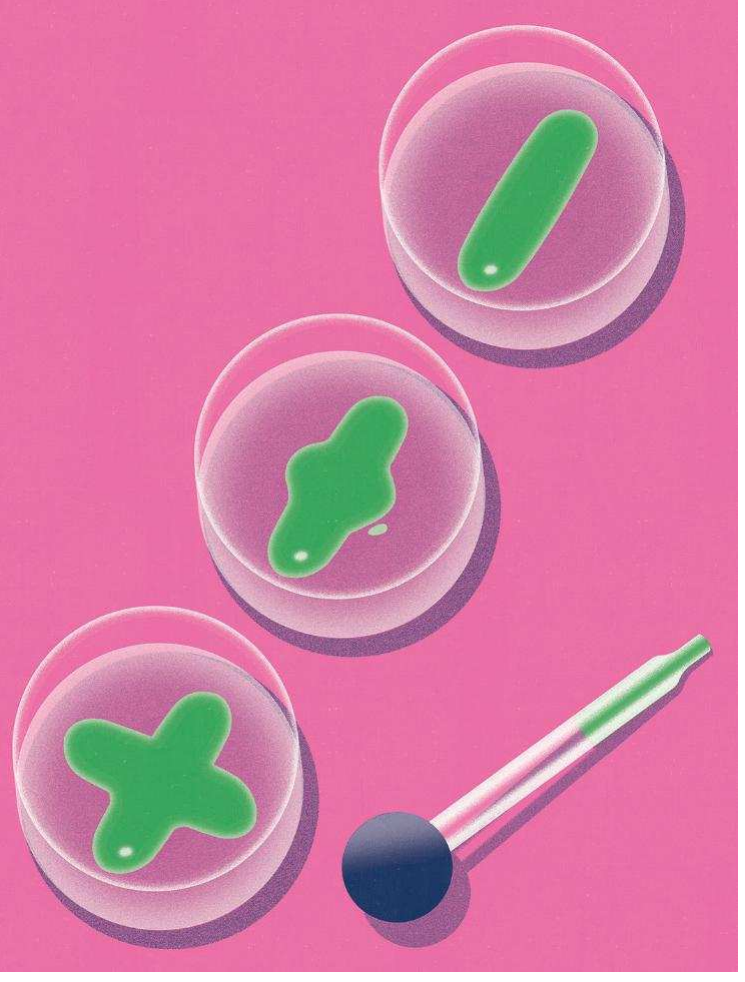
Meno enfasi, più informazioni

Sebbene i campi di riferimento per gli studi sulla riproducibilità siano biomedicina e psicologia, la questione non è confinata a questi ambiti. Lorena A. Barba, ingegnere che si occupa di fluidodinamica computazionale alla George Washington University, ha trascorso tre anni collaborando con uno studente per riprodurre una complessa simulazione eseguita dal suo laboratorio su come i serpenti volanti, che si lanciano dai rami librandosi nell'aria, si dimenano mentre planano. I nuovi risultati erano consistenti con i vecchi, ma Barba si era resa conto che spulciare il codice scritto da altri per ricomporre quanto hanno fatto può essere un incubo. Di fatto si è scontrata con lo stesso problema fronteggiato da Corker nell'esperimento delle tazze di caffè caldo. Gli scienziati si concentrano sulla pubblicazione dei risultati, non necessariamente su tutti i passi necessari per arrivare alle conclusioni. «Non c'è granché di scritto», afferma Corker, che comunque è stata fortunata: il primo autore dello studio originale relativo al caffè caldo era stato «molto disponibile a lavorare con noi». Corker aveva collaborato anche con un chimico per standardizzare la rapidità con cui il materiale usato nell'esperimento cambiava temperatura. «È stato più arduo di molta della ricerca originale che ho svolto», racconta.

Abitudini scientifiche radicate da molto tempo, come l'avversione a condividere le tecniche per timore di essere battuti sul tempo, sono spesso in contrasto con il criterio di riproducibilità. Lo stesso campo di Barba nacque sotto un velo di segretezza a Los Alamos, in New Mexico, durante il Progetto Manhattan, dato che i ricercatori che progettarono le prime armi nucleari usarono computer primordiali per calcolare la propagazione delle onde d'urto causate dalle bombe. Naturalmente il progetto Manhattan alimentò ampi settori delle scienze esatte, e all'epoca gli scienziati tentarono di impedire agli estranei di riprodurre il proprio lavoro.

Inoltre le riviste scientifiche e le commissioni deputate alla valutazione per l'assegnazione dei posti fissi nelle università privilegiano spesso i risultati nuovi e appariscenti a scapito dei progressi graduali che permettono alla letteratura esistente di avanzare accuratamente. «Sono stata addestrata a cercare l'effetto inaspettato», dice Charlotte Tate, psicologa sociale e della personalità alla San Francisco State University. Scherzando, afferma che molti esponenti del suo campo «si danno da fare con il modello che hanno a disposizione per poter partecipare al *Daily Show* [un programma televisivo statunitense basato su satira e talk-show. NdR]». Questo atteggiamento non è dato solo dalla vanità: con risultati dalla visibilità elevata ci si assicura un impiego stabile. Coloro che si occupano di verificare la ricerca altrui o lavorano facendo straordinari per sincerarsi che il proprio codice sia facilmente comprensibile agli altri ricercatori non ottengono menzioni, e il loro CV non finisce in cima alla pila di quelli da valutare.

Molti enfatizzano il ruolo che avrebbe un addestramento migliore (su come scrivere in modo inattaccabile la sezione «metodologie» di un articolo o su come documentare accuratamente il codice così che sia comprensibile ad altri) nel combattere la cri-



si. Barba fa parte di questa categoria e osserva che le persone che usano codici nel proprio lavoro farebbero bene a prendere lezioni di protocolli del *software* in modo da poter presentare assieme ai propri risultati un codice ben documentato. Usa anche una tecnologia nota come «controllo versione», che tiene nota di tutte le modifiche fatte a un *file* così da rendere il più leggibile possibile l'evoluzione del codice di un gruppo di lavoro. È uno strumento standard nello sviluppo del software ma, sorprendentemente per Barba, non lo è ancora in ambito scientifico.

«C'è questa tensione di fondo tra l'esecuzione di un esperimento e la sua documentazione», spiega Charles Fracchia, che cerca di aumentare livello di dettaglio e profondità dei registri degli esperimenti biomedici con la sua azienda BioBright. Uno dei suoi strumenti, Darwin-Sync, registra informazioni da ogni dispositivo disponibile, inclusi dettagli apparentemente insignificanti, come per esempio se il computer fosse collegato a una presa di corrente elettrica o stesse usando la propria batteria e la quantità di luce ambiente nella stanza, nel caso in cui successivamente questi particolari si dovessero rivelare importanti. Nel caso del tentativo di riproduzione effettuato da Corker, se lo studio originale avesse valutato in modo migliore la temperatura della tazza, ci sarebbero state più informazioni per ricreare successivamente l'esperimento.

Ma soluzioni dispendiose in termini di tempo ed equipaggiamenti costosi non bastano. «Non c'è alcuna ricompensa per chi svolge il proprio lavoro in modo corretto», afferma Barba. Il trucco, spiega Nosek, consiste nel rielaborare gli incentivi in modo da garantire che «quello che è positivo per gli scienziati sia positivo per la scienza». Per esempio, gli enti che finanziano la ricerca potrebbero scegliere di sovvenzionare solo i progetti che includono un programma per rendere trasparente il proprio operato. Per incoraggiare gli scienziati in cerca di finanziamenti a migliorare la riproducibilità dei propri lavori, nel 2016 i National Institutes of Health (NIH) hanno pubblicato nuove istruzioni per le richieste di fondi e nuove domande per la loro valutazione. I NIH richiedono ora ulteriori informazioni sulla relazione tra lo studio in questione e i lavori precedenti e una lista di variabili, come per esempio il sesso dei ratti di laboratorio (un fattore precedentemente trascurato che ha fatto sì che molti studi abbiano descritto come universali fenomeni osservati nei ratti maschi).

Il ruolo delle riviste

E qualunque domanda possano fare inizialmente i finanziatori può essere fatta anche da riviste e revisori. Per Nosek una soluzione promettente si basa sui resoconti registrati, una preregistrazione di studi scientifici in cui gli scienziati presentano per la pubblicazione le analisi metodologiche e i progetti di ricerca prima di eseguirli effettivamente. I revisori paritari esaminano la metodologia (se è valida, se si basa su risultati precedenti) e la rivista si impegna a pubblicare i risultati a prescindere da quali possano essere. Il riconoscimento di un articolo viene da esperimenti attentamente pianificati e non da risultati appariscenti. Alcuni si chiedono se questi cambiamenti non portino semplicemente a una scienza più noiosa, ma Nosek sostiene che non è così. Sta terminando ricerche per esaminare impatto e qualità dei primi resoconti registrati pubblicati: i primi risultati suggeriscono che la frequenza con cui sono citati sia pari a quella degli articoli tradizionali. Ciò nonostante osserva che fare eccessivo affidamento sui resoconti registrati potrebbe incoraggiare una ricerca più cauta e correggere il problema in maniera eccessiva. Secondo lui questo modello dovrebbe funzionare in parallelo con la ricerca tradizionale finalizzata all'ottenimento dei risultati, che ostacola meno le scoperte accidentali, «l'arrivo fortuito delle cose», come afferma.

Un problema più arduo da risolvere è la pressione sentita dai ricercatori a produrre risultati rivoluzionari per potersi guadagnare da vivere. Ci vorrebbe un grande cambiamento culturale, osserva Nosek. Allo stato attuale delle cose non è detto che basti esplorare accuratamente percorsi interessanti che poi si rivelano sterili ed espandere la conoscenza illuminandone i vicoli ciechi. Non viviamo in un mondo dove i verificatori di fatti diventano famosi.

Eppure questo problema di riproducibilità non significa necessariamente che la scienza sia fondamentalmente guasta. «Il progresso si basa sui fallimenti», afferma Richard M. Shiffrin, psicologo all'Università dell'Indiana a Bloomington, scettico riguardo all'attenzione prestata alla «crisi». Secondo lui concentrarsi sull'irriproducibilità fa passare in secondo piano tutti i progressi scientifici ottenuti finora. Coloro che affermano che la crisi sia reale non sono sempre in disaccordo con la sua valutazione. Begley osserva che il problema ha conseguenze reali: così tante scoperte non superano l'esame scientifico che i farmaci sono sviluppati più lentamente e con costi più elevati rispetto a quanto accadrebbe con un sistema più equo e corretto. «Sprechiamo un mucchio di tempo inseguendo false piste», ribadisce.

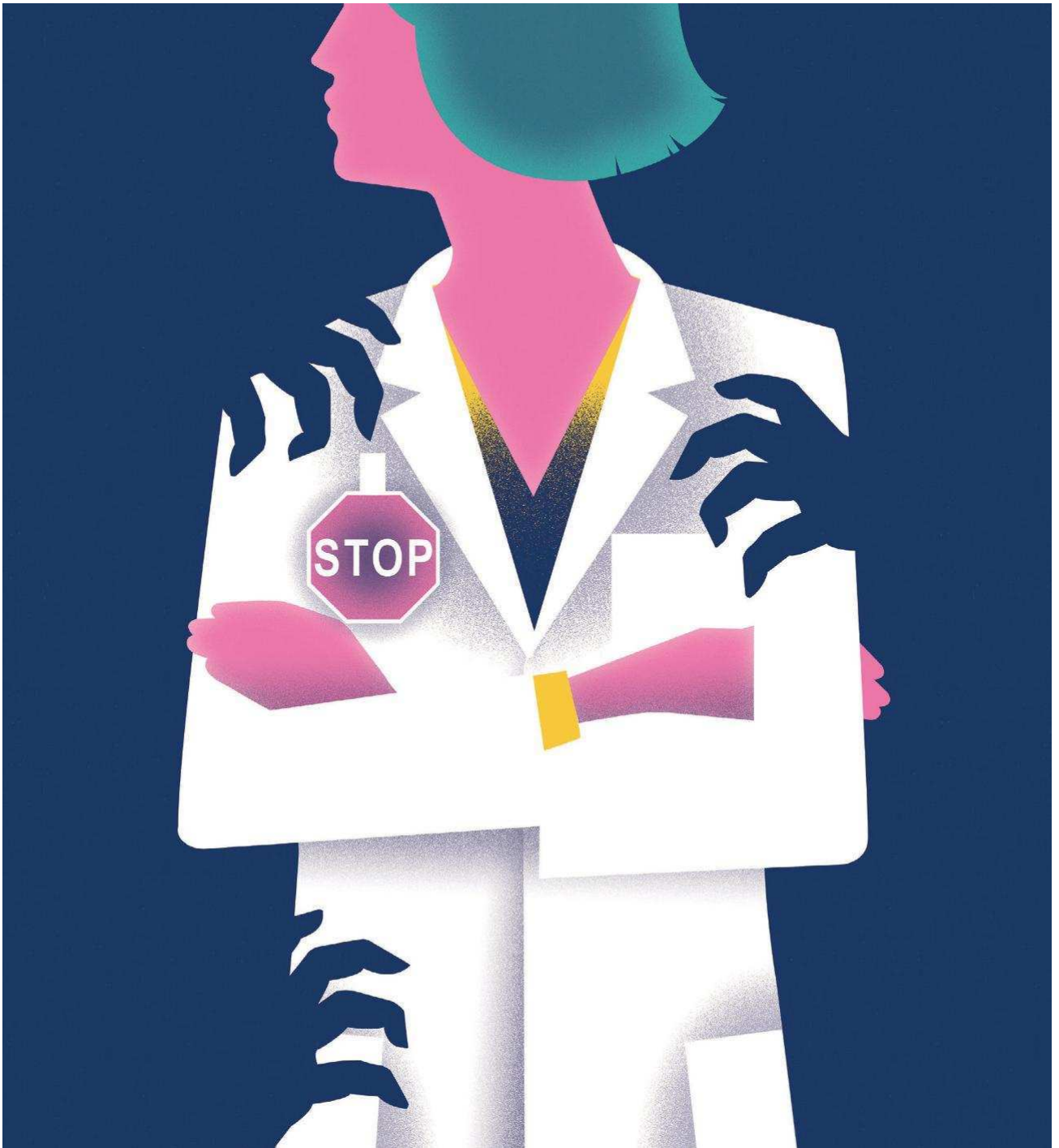
I risultati dello studio sul caffè caldo si sono rivelati una di queste false piste. Il lavoro di Corker, portato a termine usando cuscinetti terapeutici caldi e freddi, ha mostrato che in fin dei conti non c'era alcuna prova che il tenere in mano qualcosa di caldo fa sì che una persona si comporti più calorosamente verso gli altri. Nonostante il lavoro originale fosse apparso su una rivista di caratura eccelsa, lo studio di riproduzione è stato pubblicato da una rivista con una portata relativamente minore. È stata una scoperta fondamentale di un tipo diverso, decisamente meno eccitante. ■

Basta molestie

LO STATO DELLA SCIENZA NEL MONDO 2018

di Silvia Bencivelli

Anche in ambito scientifico il fenomeno è assai diffuso e poco combattuto



Silvia Bencivelli è una giornalista scientifica *freelance*, collabora con Radio3 RAI, «la Repubblica» e altre testate. Ha scritto libri di scienza e un romanzo.

Studentessa di dottorato, in tesi con stimato professore. Lui la riceve nel suo studio: è gentile, disponibile. Succede più volte, e lei ne è felice: si sente lusingata. Anche perché lui le promette che alla tesi, un'ottima tesi, potrebbe seguire un contratto di ricerca. Dopo un po' la studentessa comincia a pensare che forse non sia necessario discutere proprio di ogni passaggio della tesi, ha la sensazione che lui stia diventando insistente, ai complimenti sul lavoro si aggiungono quelli sull'aspetto fisico. Ma apprezza lo scrupolo, e poi che cosa può fare? A un certo punto lui le propone di vedersi a casa. Per lavorare, s'intende. Lei non se la sente di declinare, ma è in imbarazzo. A casa il professore la sfiora ripetutamente.

Lei si sente sempre più a disagio, poi inventa una scusa e se ne va. Da quel momento la tesi se la deve fare da sola. Nessun progetto di ricerca, nessun ricevimento, i compagni di dottorato che la evitano. E nessun contratto, ovviamente.

È un episodio realmente accaduto, e per niente originale: «Non abbiamo ancora dati e numeri solidi sulle molestie sessuali nella scienza, ma di storie come questa ne abbiamo raccolte tante», racconta Sveva Avveduto, presidente dell'associazione italiana Donne e scienza. Sono storie di «frasi ambigue, palpeggiamenti e anche esplicite richieste sessuali».

Non è necessario che siano veri e propri reati, e quasi mai lo sono: sono piuttosto comportamenti fastidiosi fino al disagio grave, che probabilmente avvengono nell'accademia tanto quanto in qualsiasi altro ambiente. Se sei dottoranda è difficile reagire, perché in gioco c'è il tuo futuro nella ricerca. Ma se questo non bastasse a renderli particolarmente odiosi, si consideri che «sono deteriori per il sistema intero, perché sono un ostacolo alla carriera delle donne. In molti casi la scienziata molestata lascia il posto, cambia istituto oppure finisce per abbandonare la ricerca. E anche quando non sono molestie personali, ma sono battute cretine o turpiloquio sessista, deteriorano l'ambiente e, implicitamente, fanno passare l'idea dell'inferiorità della donna in quel posto. Quindi inibiscono le ambizioni femminili. A chiudere il cerchio, predispongono il terreno a richieste sessuali proposte dai superiori come compensatorie di questa inferiorità.

Difficile misurare l'entità del problema. Anche perché non si riesce a parlarne. «Il grande classico è, chiamiamolo così, il corteggiamento malinteso. Gli uomini in generale non hanno la percezione di quanto siano sgradevoli le attenzioni indesiderate: minimizzano, dicono addirittura che una dovrebbe esserne lusingata», dice Avveduto. «E, siccome nella ricerca le posizioni apicali sono ricoperte soprattutto da uomini, alla fine è complicato discutere di quel che succede nei laboratori». Ti dicono che esageri, e un po' finisci per pensarlo anche tu, magari vergognandotene pure.

Intanto, negli Stati Uniti...

Per fortuna c'è chi ha cominciato da tempo a lavorare al problema, ed è la statunitense National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, che il 12 giugno 2018, sull'onda del movimento #MeToo, ha presentato a Washington il primo grande rapporto sul tema. Intitolato *Sexual Harassment of Women*, il rapporto raccoglie trent'anni di ricerche sull'accademia statunitense. Il primo risultato è che quel poco che è stato fatto finora non è servito a niente, perché sostanzialmente è stato dedicato a proteggere le istituzioni più che le vittime.

Il 12 giugno è stato anche lanciato l'*hashtag* #ScienceToo, nella speranza di aiutare altre a denunciare. Intanto nelle interviste già raccolte si legge che metà delle donne ha subito almeno una molestia in ambiente di lavoro, la maggior parte nelle facoltà a prevalenza maschile o dove le posizioni di potere sono occupate soprattutto da uomini. In un'indagine condotta in 36 campus, tra il 17 e il 50 per cento delle studentesse ha riferito di aver subito molestie sessuali. Il primato va a quelle di medicina, che subiscono pressioni da compagni e professori, e dai pazienti: il 23 per cento riferisce di aver subito comportamenti fisicamente molesti, il 5 per cento di essere stata oggetto di attenzioni sessuali indesiderate, e lo 0,5 per cento di episodi di coercizione sessuale, tutti in ambito accademico.

Quanto all'ostilità sessista e ai discorsi sulla presunta inferiorità della donna, sono diffuse in tutti i settori della scienza. Ma le studentesse di ingegneria e (di nuovo) quelle di medicina sembrano esserne i bersagli preferiti: nell'inchiesta le prime le riportano nel 25 per cento dei casi, le seconde nel 50 per cento.

Il cambiamento necessario

«Per quanto stiamo cominciando a capire – riflette Avveduto – dalle nostre parti non ci sono grosse differenze tra ambiti della ricerca. E in Italia non succedono cose tanto diverse da quelle che accadono all'estero: non siamo né meglio né peggio degli altri, e la questione è diffusa e omogenea. Forse il dato che emerge è la preponderanza di studentesse e dottorande tra le vittime, più delle ricercatrici e delle professoresse, perché le prime sono più fragili, meno libere di reagire».

In tutta Europa si comincia a prendere sul serio la questione: in Finlandia si sono raccolti già molti dati, così come in Danimarca, mentre l'Università di Oslo, in Norvegia, ha anche già messo a punto linee guida e un sistema di sanzioni. In Germania la conferenza dei rettori ha fatto partire una ricerca dettagliata, mentre la Svezia è più avanti e si prepara a pubblicare la sua analisi a marzo 2019. «In Italia ci sono iniziative di singole università e di enti di ricerca, a partire dall'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia».

Bene, ma una volta che sapremo se e quanto il fenomeno esiste ed è dannoso? «Sono allo studio codici di condotta e sanzioni particolari, per intervenire sui casi di molestia», conclude Avveduto. «Ma la prevenzione è tutto un altro paio di maniche: c'è bisogno di un cambiamento culturale e sociale, che non avverrà dall'oggi al domani». ■

Illustrazioni di Neil Webb

LO STATO DELLA SCIENZA NEL MONDO 2018

L'unione fa la forza

Per risolvere i complessi problemi globali di oggi serve una scienza interdisciplinare

di Graham A. J. Worthy e Cherie L. Yestrebsky

Illustrazione di Neil Webb

Graham A.J. Worthy è fondatore e direttore del National Center for Integrated Coastal Research alla University of Central Florida (UCF Coastal) e preside del Dipartimento di biologia. La sua ricerca si concentra sulla risposta degli ecosistemi marini alle perturbazioni naturali e antropogeniche.

Cherie L. Yestrebsky è condirettrice della UCF Coastal e preside del Dipartimento di chimica. La sua ricerca riguarda soprattutto la chimica ambientale e il risanamento dell'ambiente dagli agenti inquinanti.

La Indian River Lagoon, un estuario poco profondo che si estende per 250 chilometri lungo la costa orientale della Florida, sta soffrendo a causa delle attività umane. La bassa qualità dell'acqua e le fioriture algali tossiche hanno causato morie di pesci, stragi di delfini e lamantini e il sopravvento delle specie invasive. Ma anche gli esseri umani che vivono in questa regione hanno le loro necessità: a est, la zona è fiancheggiata da un cordone di isole barriera importantissime per l'economia, il turismo e l'agricoltura della Florida, nonché per il lancio delle missioni spaziali della NASA.

Come in Florida, anche in molte altre aree costiere del mondo ci sono seri problemi a causa dell'aumento della popolazione e dell'inquinamento che ne deriva. Inoltre gli effetti dei cambiamenti climatici ne stanno accelerando il declino ambientale ed economico. Considerata la posta in gioco, scienziati come noi (un biologo e una chimica della University of Central Florida, o UCF) sentono il bisogno impellente di fare ricerca sulla base della quale sia possibile improntare politiche che aumentino resilienza e sostenibilità delle comunità costiere. Come possono i nostri studi aiutare al meglio a trovare un equilibrio tra i bisogni ambientali e quelli sociali entro i confini dei nostri sistemi politici ed economici? Questo è il livello di complessità che gli scienziati sono chiamati ad affrontare, invece di sottrarsi alla sfida.

Anche se le nuove tecnologie avranno sicuramente un ruolo nell'affrontare problemi come i cambiamenti climatici, l'innalzamento del livello del mare e le inondazioni costiere, non possiamo affidarci solo all'innovazione. In genere la tecnologia non prende in considerazione le complesse interazioni tra esseri umani e ambiente. Ecco perché, per trovare soluzioni, gli scienziati dovranno usare un approccio interdisciplinare di gruppo (*si veda l'articolo* Sott'acqua, *a p. 76*), una cosa che è comune nel mondo degli affari ma piuttosto rara nelle università.

Naturalmente le università sono una fonte impareggiabile di forza intellettuale, ma di solito studenti e professori sono organizzati in dipartimenti che sono come compartimenti stagni. Gli scienziati sono addestrati all'uso degli strumenti e del linguaggio della propria disciplina e imparano a comunicare i propri risultati tra loro usando un gergo specifico.

Questa organizzazione ha senso quando l'obiettivo della ricerca è una comprensione fondamentale di un sistema fisico o biologico in una comunità di nicchia, ma quando il problema che si cerca di risolvere si estende oltre i limiti di un sistema chiuso e ne includono gli effetti sulla società, la divisione in compartimenti stagni crea barriere, può limitare creatività, flessibilità e agilità mentale degli scienziati e può anche scoraggiarne la collaborazione tra discipline diverse. Come professori, tendiamo a plasmare gli studenti a nostra immagine, e inavvertitamente creiamo specialisti che hanno difficoltà a comunicare con gli scienziati dell'edificio accanto, e ancora di più con l'opinione pubblica. Così, la ricerca a compartimenti stagni è inefficace nel rispondere a questioni in evoluzione della politica e della pianificazione, come l'adattamento delle comunità e degli ecosistemi costieri di tutto il mondo all'innalzamento del livello del mare.

La scienza per un quadro d'insieme

In qualità di scienziati che vivono e lavorano in Florida, abbiamo capito che dovevamo assumere un ruolo di maggior rilievo per aiutare il nostro Stato e la nostra nazione a prendere decisioni basate sui fatti a proposito della vulnerabilità delle zone costiere. Volevamo effettuare uno studio più completo sull'impatto di fattori naturali e antropogenici sulla salute, sul risanamento e sulla sostenibilità dei nostri sistemi costieri e portare avanti una ricerca integrata a lungo termine.

All'inizio abbiamo puntato sull'espansione della capacità di ricerca dei programmi esistenti di biologia, chimica e ingegneria, perché ciascuno di essi aveva già una forte presenza nella ricerca costiera. Poi la nostra università ha annunciato un'iniziativa interfacoltà, la Faculty Cluster Initiative, il cui obiettivo era lo sviluppo di gruppi di ricerca interdisciplinari che si concentrassero sulla soluzione dei problemi più complessi per la società di domani. Mentre preparavamo la proposta, abbiamo scoperto che nel campus di Orlando c'erano già 35 ricercatori che si dedicavano allo studio di problemi legati all'ambiente costiero, che appartenevano a 12 dipartimenti in 7 college e che in molti casi non si erano mai incontrati tra loro. Ci è diventato chiaro che fare ricerca nello stesso campus non era sufficiente per portare a una collaborazione.

Così abbiamo messo insieme persone con formazioni diverse che avrebbero lavorato a stretto contatto le une con le altre giorno dopo giorno. I membri di questo nucleo di base avrebbero agito anche da collegamento con le forze specialistiche dei rispettivi dipartimenti. All'inizio, trovare esperti che volessero davvero abbracciare l'approccio di gruppo è stato più difficile di quanto pensassimo. Anche se la nozione di ricerca interdisciplinare non è nuova, nel mondo accademico non è sempre stata incoraggiata. In questo senso alcuni ricercatori si chiedono ancora se la collaborazione possa minacciare il loro riconoscimento quando chiedono fondi, cercano di ottenere una promozione o sottopongono un articolo a una rivista di alto livello. Noi non sosteniamo che i diparti-

menti universitari tradizionali debbano chiudere, tutt'altro: sono loro a dare la necessaria profondità alla ricerca, mentre il gruppo interdisciplinare dà ampiezza al lavoro nel suo insieme.

La nostra iniziativa interfacoltà è stata un successo, e a gennaio 2017 è nato il National Center for Integrated Coastal Research (UCF Coastal), che ha l'obiettivo di guidare un'azione più efficace per lo sviluppo economico, la protezione ambientale, la pianificazione della riduzione dei rischi e le politiche pubbliche delle comunità costiere. Per integrare meglio scienza e bisogni sociali, abbiamo messo insieme biologi, chimici, ingegneri e ricercatori biomedici con antropologi, sociologi, economisti ed esperti di scienze politiche, pianificazione e gestione delle emergenze. Sembra che le prospettive più creative sui vecchi problemi vengano fuori quando persone diverse per formazione ed esperienze di vita discutono davanti a una tazza di caffè. In fondo, «interdisciplinare» deve significare qualcosa di più dei vari orientamenti delle scienze esatte. Nell'università, per affrontare gli effetti dei cambiamenti climatici, per esempio, bisogna includere in modo più rigoroso le scienze sociali, un'area che spesso è rimasta dimenticata.

«Interdisciplinare» deve significare qualcosa di più dei vari orientamenti delle scienze esatte. Nell'università, per esempio, per affrontare gli effetti dei cambiamenti climatici bisogna includere in modo più rigoroso le scienze sociali

Di recente la statunitense National Science Foundation e altri gruppi hanno richiesto che tutte le proposte di progetti di ricerca includano una componente di scienze sociali, come modo per valutarne le implicazioni. Purtroppo in molti casi l'aggiunta di un esperto di scienze sociali a un progetto di ricerca è solo pro forma, e non un vero impegno che permetta a quella disciplina di influenzare il programma nel suo insieme. Invece i bisogni sociali, economici e politici devono essere considerati già quando si inizia a progettare la ricerca, non solo come ripensamento dell'ultimo minuto, altrimenti il lavoro può fallire al momento della realizzazione, il che significa che la scienza perderebbe parte del suo potenziale di efficacia nel risolvere i problemi reali, e di conseguenza l'opinione pubblica potrebbe diventare scettica riguardo al contributo effettivo che gli scienziati possono portare alla soluzione.

Entrare in contatto con il pubblico

La realtà è che comunicare al pubblico i risultati della ricerca è una responsabilità sempre più importante per gli scienziati. Farlo ha un effetto misurabile sulle priorità che i politici stabiliscono nei programmi, nei finanziamenti e nei regolamenti. UCF Coastal nasce in un mondo in cui la scienza non è sempre rispettata, anzi a volte è dipinta addirittura come il nemico. Negli ultimi anni la fiducia nella scienza ha subito un'erosione significativa, perciò dobbiamo impegnarci in modo più deliberato per riguadagnarla.

Abbiamo scoperto che il pubblico vuole vedere una ricerca accademica di qualità che affonda le radici nelle sfide che la società si trova ad affrontare. Ecco perché combiniamo la ricerca accademica pura e quella applicata per concentrarci sia su problemi immediati (per esempio aiutare una città o un'azienda a riprendersi dopo il passaggio dell'uragano Irma) sia a lungo termine, come consigliare direttamente una comunità su come diventare più resiliente alle inondazioni sempre più frequenti.

Come scienziati non possiamo pretendere di spiegare le implicazioni della nostra ricerca al pubblico generalista se prima non riusciamo a capirci tra noi. Uno dei benefici del lavorare regolarmente fianco a fianco è quello di creare un linguaggio comune, che riconcilia i significati radicalmente diversi che le stesse parole possono avere per vari specialisti. Stiamo finalmente imparando a parlare gli uni con gli altri in modo più chiaro e a capire più esplicitamente come le nostre specialità si incastrino nel quadro d'insieme. Siamo anche più coscienti del fatto che cultura e industria sono forze determinanti nel creare consenso e nel plasmare le decisioni politiche. Invece di limitarsi a fornire i risultati agli urbanisti e andarsene, UCF Coastal vuole essere un collaboratore che sa ascoltare oltre che insegnare.

Questo stile di missione accademica non è rilevante solo per i problemi collegati ai cambiamenti climatici, si ricollega a tutti gli aspetti della società moderna, comprese l'ingegneria genetica, l'automazione, l'intelligenza artificiale e così via. La presentazione di UCF Coastal ha ricevuto un'attenzione positiva da parte dell'industria, delle agenzie governative, delle comunità locali e del mondo accademico. Crediamo che ciò sia dovuto al fatto che le persone vogliono collaborare per risolvere i problemi ma hanno bisogno di un meccanismo migliore per farlo, e speriamo di essere questo strumento e allo stesso tempo di ispirare altre istituzioni accademiche a fare altrettanto.

Dopotutto abbiamo sentito dire per decenni che occorre «pensare globalmente e agire localmente», e che «tutta la politica è locale». La Indian River Lagoon, in Florida, verrà risanata solo con il coinvolgimento dei residenti, dell'industria locale, del mondo accademico, delle agenzie governative e delle organizzazioni non a scopo di lucro. Come scienziati, è nostra responsabilità aiutare tutte le figure coinvolte a capire che questi problemi si sono venuti a creare nel corso di decenni e che anche per risolverli ci vorranno decenni. Dobbiamo presentare le soluzioni più utili e allo stesso tempo spiegare i difficili compromessi a cui bisogna scendere per ciascuna. Ciò è possibile solo se ci consideriamo parte di un approccio interdisciplinare che coinvolge tutta la comunità. Se ascoltiamo e rispondiamo alle paure e alle preoccupazioni, possiamo spiegare meglio perché le decisioni prese con base scientifica saranno più efficaci a lungo termine. ■

PER APPROFONDIRE

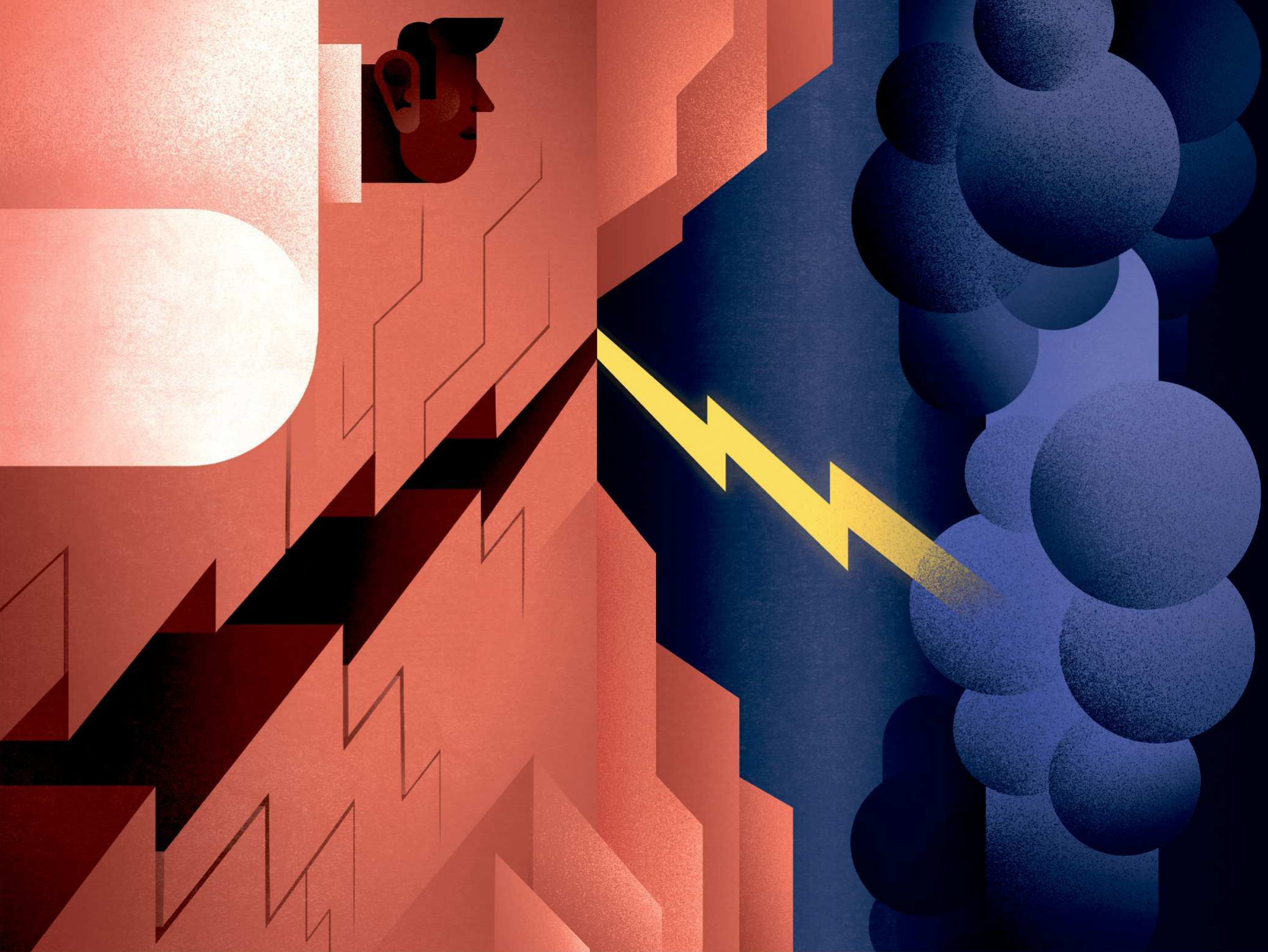
Assessing Scientists for Hiring, Promotion, and Tenure. Moher D. e altri, in «PLoS Biology», Vol. 16, n. 3, articolo n. e2004089, 29 marzo 2018.

Relazione sulla ricerca e l'innovazione in Italia. Consiglio nazionale delle ricerche, 2018.

Sexual Harassment of Women: Climate, Culture, and Consequences in Academic Sciences, Engineering, and Medicine. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2018.

Meta-Research Innovation Center at Stanford (METRICS): **http://metrics.stanford.edu.**

Le radici del rifiuto della scienza. Hayhoe K., in «Le Scienze» n. 592, dicembre 2017.



SISMOLOGIA

Terremoti in cielo?

Una nuova teoria controversa afferma che i segni precursori di un grande sisma potrebbero apparire in atmosfera a 300 chilometri dal suolo

di Erik Vance

Illustrazione di Maria Corte

IN BREVE

Un singolo terremoto può uccidere decine di migliaia di persone; da tempo dunque gli scienziati si sforzano di prevedere i sismi con precisione sufficiente per dare l'allarme.

Nuove osservazioni suggeriscono che, anche più di mezz'ora prima di un sisma, nella ionosfera si formino aggregati di elettroni che ne annunciano l'arrivo.

Le tecniche di previsione proposte in passato non hanno mantenuto le promesse, quindi l'idea incontra forti scetticismi, ma i dati cominciano a convincere alcuni scienziati.

Erik Vance scrive di scienza. Un suo articolo sulla vaquita, una specie a rischio detta anche focena del Mare di Cortez, è apparso sul numero di ottobre 2017 di «Le Scienze».

Un venerdì pomeriggio, l'11 marzo 2011, Kosuke Heki era nel suo ufficio dell'Università di Hokkaido, nel nord del Giappone, quando il suolo iniziò a tremare. Le scosse erano nettamente distanziate, e ognuna durava pochi secondi. Heki, un geofisico che studia un arcano fenomeno che coinvolge schemi bizzarri formati in cielo dagli elettroni dopo i terremoti, era interessato ma non troppo allarmato. Sembrava un terremoto forte ma lontano. Mentre le scosse proseguivano, pensò che forse i dati sull'evento avrebbero potuto aiutare le sue ricerche. Poi qualcuno accese il notiziario e la curiosità di Heki diventò orrore.

Le scosse che aveva avvertito venivano dal più grande sisma della storia moderna del Giappone, il devastante terremoto di Tōhoku, di magnitudo 9.0, che ha tolto la vita a 15.000 dei suoi compatrioti e causato danni per centinaia di miliardi di dollari. Lo tsunami successivo al terremoto ha poi danneggiato seriamente la centrale nucleare di Fukushima Daiichi e innescato il peggior disastro nucleare mai registrato da un quarto di secolo.

Mentre il personale addetto alle emergenze evacuava persone e salvava vite umane in un'altra parte del paese, Heki non poté che aspettare il ripristino della linea telefonica e del collegamento a Internet. La domenica Internet funzionava, quindi si affrettò a scaricare le osservazioni satellitari dell'atmosfera sopra la regione di Tōhoku e a passarle avidamente al setaccio. Come si aspettava, gli elettroni della ionosfera mostravano un disturbo dieci minuti dopo il sisma. Ma non riusciva a trovare una buona corrispondenza tra il suo modello e i dati guardando solo ai minuti successivi al terremoto. Così espanse l'intervallo temporale includendovi l'ora precedente. Fu allora che vide qualcosa che lo fulminò.

Quaranta minuti *prima* che il terremoto colpisse, c'era stato un sottile aumento della densità elettronica sopra l'epicentro del sisma. Poteva essere un'anomalia, un caso isolato o il cattivo funzionamento di uno strumento. O forse qualcosa di più. Finora gli scienziati non hanno trovato alcun segno premonitore affidabile dei sismi: un avviso inequivocabile dell'imminenza di una forte scossa. Se il cambiamento negli elettroni fosse effettivamente un segnale d'allarme, si potrebbero salvare migliaia di vite all'anno.

Heki, che secondo i colleghi è persona modesta, tranquilla e prudente, guardò subito con scetticismo ai suoi dati, così estrasse informazioni su altri due terremoti. Di nuovo vide quel cambiamento della densità elettronica, e decise di continuare ad approfondire la questione. A oggi ha trovato il segnale dato dagli elettroni prima di 18 forti terremoti, e in questi sette anni si è convinto che il fenomeno è reale.

Oggi altri esperti cominciano a esaminare l'idea da vicino. «Anni fa si pensava che il tempo atmosferico non si potesse prevedere; ora invece lo facciamo», dice Yuhe Song, esperto di rilevamento a distanza del Jet Propulsion Laboratory della NASA. «Probabilmente c'è qualcosa che si può vedere in anticipo rispetto a quello che si avverte al suolo. Qualcosa c'è. Penso che meriti una discussione».

Non tutti concordano. Molti scienziati vedono nel lavoro di Heki l'ultima di una serie di false promesse per le previsioni. «Queste cose sono come il raffreddore: girano», dice Robert J. Geller, sismologo e professore emerito dell'Università di Tokyo, che si è dedicato per anni a smontare varie idee sulla previsione dei terremoti. «Se le ignori, se ne vanno».

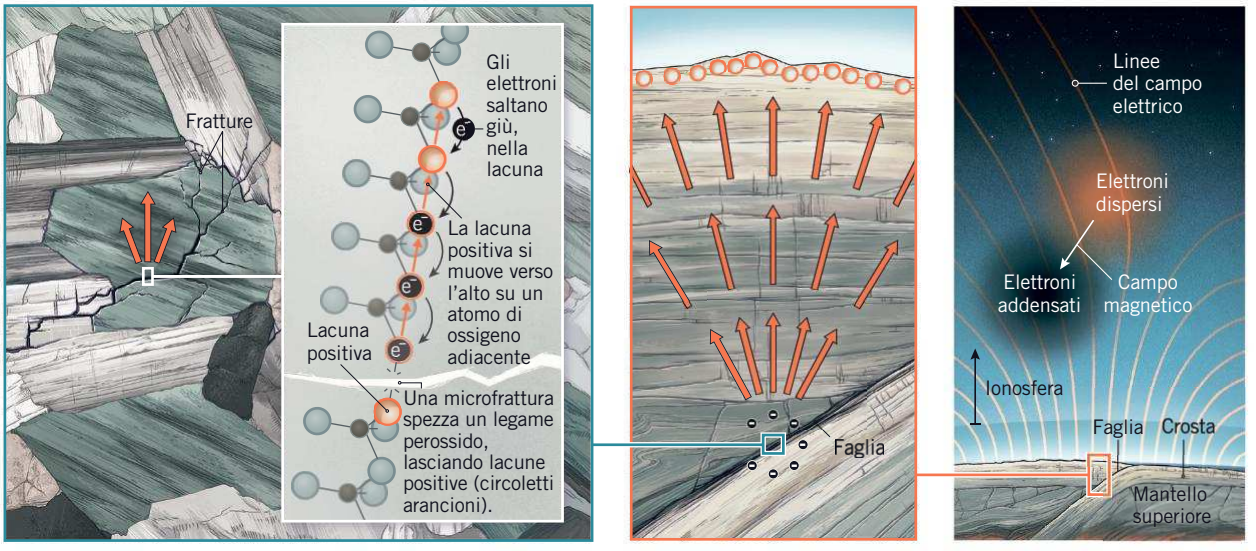
L'idea di Heki, però, sembra restare in circolazione, e forse si sta rafforzando. Il segnale degli elettroni si è presentato anche in sismi di media intensità, come nei più grandi. Altri scienziati hanno formulato una teoria che collega le faglie del terreno all'attività in cielo. Heki ha pubblicato i suoi risultati su riviste di buona reputazione come «Geophysical Research Letters», ed è stato invitato a parlarne al convegno annuale dell'American Geophysical Union. Questa primavera, in Giappone, l'Università di Chiba ha organizzato un incontro dedicato alla previsione dei terremoti, compresa la sua idea. Se Heki ha ragione, le implicazioni per la sicurezza delle popolazioni sono enormi, ma non è semplice capire come si possa usare un segnale del genere. Quanto deve essere preciso un sistema d'allerta per giustificare il lancio di un allarme, e che tipo di risposta dovrebbe innescare?

Prevedere il peggio

Charles E. Richter – l'inventore della scala di magnitudo dei terremoti che porta il suo nome – pare abbia detto che «gli unici che prevedono i terremoti sono i pazzi e i ciarlatani». Ma ciò non toglie che ci abbiano provato in tanti. Secondo quanto riferito, nel 373 a.C. gli animali corsero a cercare rifugio cinque giorni prima di

Dal basso in alto

Nuove ricerche indicano che almeno 30 minuti prima di un forte terremoto potrebbero verificarsi disturbi elettrici molti chilometri al sopra della superficie del pianeta, potenzialmente utili come preavviso del disastro imminente. E c'è una teoria su come le fratture nelle rocce potrebbero generare attività in alto nel cielo.



1. Inizia una frattura
Nel terreno, parti della crosta terrestre scivolano lentamente l'una sull'altra. A volte in corrispondenza di una linea di faglia si ha un sobbalzo improvviso, e le deformazioni del movimento iniziano a fare a pezzi la roccia, generando microfratture.

2. Gli elettroni saltano
Le microfratture generano una forza tale da spezzare i legami perossido, che tengono insieme atomi di ossigeno nei grani della roccia. Questa forza altera l'energia degli elettroni carichi negativamente dei grani, facendo spostare gli elettroni che si lasciano dietro spazi di carica positiva detti lacune. Via via che gli elettroni si muovono, le lacune si spostano in direzione opposta, generando una minuscola corrente elettrica nel grano di roccia.

3. Fino alla superficie
Il processo si propaga da grano a grano, come quando cade una catena di tessere del domino. Gli elettroni si spostano lasciando spazi per la propagazione delle lacune e delle loro cariche positive, che saltano di grano in grano fino alla superficie. Dietro di esse crescono le deformazioni prodotte dalla frantumazione delle rocce.

4. E poi nell'aria
Quando le lacune positive si accumulano in superficie possono attirare elettroni dalle molecole presenti, generando campi elettromagnetici. Questi campi possono formare linee di forza che si estendono per chilometri verso l'alto. Possono alterare la distribuzione degli elettroni nella ionosfera, generando aggregati più densi in certe aree e più rarefatti in altre. Queste anomalie possono essere rilevate dai satelliti.

un sisma di magnitudo compresa tra 6.0 e 6.7 che colpì la Grecia e distrusse la città di Elice. Un tempo i giapponesi credevano che l'agitazione convulsa dei pesci gatto potesse prevedere i sismi. Si è detto che cani, pecore e millepiedi, latte di mucca e un fagiano di Sumatra chiamato argo maggiore hanno tutti un cambiamento di comportamento prima dei terremoti.

Altri hanno guardato a pozzi che si seccano all'improvviso, cambiamenti di temperatura, emissioni di radon e, ovviamente, gruppi di scosse meno forti come possibili precursori. Nel 1975, con una combinazione di questi segni (compresi i comportamenti degli animali) i cinesi riuscirono addirittura a prevedere un sisma di magnitudo 7.3 con sufficiente anticipo da iniziare l'evacuazione della città di Haicheng, e questo alimentò le speranze. «Negli anni settanta tra i sismologi statunitensi e giapponesi c'era un notevole ottimismo sulla previsione a breve termine dei terremoti», dice Masao Nakatani, esperto di meccanica delle rocce all'Università di Tokyo. «Tendevamo a credere che i terremoti dovessero essere prevedibili». Negli anni ottanta, in Stati Uniti e Giappone sono stati costituiti gruppi di ricerca per affrontare la sfida.

Ma i segnali attendibili che cercavano sono risultati elusivi. Un anno dopo il successo cinese le stesse tecniche fallirono nell'individuare un altro e più forte sisma che uccise centinaia di migliaia di persone. Il Giappone, che si trova sulla Cintura di fuoco del Pacifico, molto instabile dal punto di vista tettonico, fece notevoli sforzi solo per ritrovarsi con precursori che funzionavano una volta e poi non più. La natura sembrava cambiare ogni volta le regole del gioco. Gli Stati Uniti hanno abbandonato gli sforzi per formulare previsioni alla fine degli anni novanta, dopo che un terremoto che era stato previsto – sulla base di precedenti andamenti sismici – mancò di manifestarsi nei pressi di Parkfield, in California. (Alla fine ha colpito, nel 2004, ma senza nessuno dei segni premonitori attesi.)

L'anno del sisma di Tōhoku, una commissione internazionale sulla previsione dei terremoti costituita dal governo italiano ha sostanzialmente chiuso il discorso. «Malgrado il costante sforzo di ricerca compiuto in Giappone, vi sono scarse prove dell'esistenza di precursori diagnostici dell'imminenza di forti terremoti», hanno scritto i membri a maggio 2011.

Illustrazione di Matthew Twombly

Tributo di un sisma. Con poco preavviso, il terremoto del Tōhoku e il successivo tsunami, entrambi letali, hanno distrutto la città di Rikuzentakata. Dopo gli eventi, i residenti hanno vagato tra le rovine.

Nicholas Asfouri/Getty Images

Quattro mesi dopo Heki ha riaperto la questione. Quello che aveva visto erano bizzarre sacche di particelle ionizzate non sulla superficie terrestre o vicino a essa ma a 300 chilometri di quota. L'idea che ci sia un rapporto tra superficie e cielo non è assurda. Negli anni settanta gli scienziati hanno visto per la prima volta che le rocce sottoposte a un aumento di pressione generano una corrente elettrica, come una batteria assai debole. La teoria afferma che, sotto pressione, gli atomi di ossigeno della roccia cedono elettroni, lasciando quelle che i fisici chiamano lacune, a carica positiva. Un elettrone di un altro atomo vicino può poi spostarsi in una lacuna, lasciandosene dietro un'altra e generando così a una catena di cariche elettriche in movimento.

Le lacune «possono spostarsi su lunghe distanze: chilometri, e anche decine o centinaia di chilometri», dice Friedemann Freund, ricercatore della NASA e del SETI Institute e scopritore del fenomeno. Un po' come un secchio d'acqua passa lungo una catena umana per spegnere un incendio.

Freund dice che le lacune vagano dentro le rocce e alla fine arrivano alla superficie della Terra, dove attraggono elettroni, di carica negativa, dalle molecole dell'aria, come un magnete attrae la limatura di ferro. Queste cariche viaggiano poi fino all'alta atmosfera. È un meccanismo teorico, perché è difficile misurarlo direttamente, ma sembra concordare con gli indizi della presenza di aggregati di elettroni osservati dopo i terremoti. Nessuno però aveva visto chiaramente questo effetto *prima* di un sisma.

Per la sua ricerca, Heki aveva adottato un nuovo metodo, che sfrutta sofisticate reti di satelliti GPS, in grado di rilevare minimi cambiamenti degli elettroni atmosferici quando i loro segnali radio curvano attraverso l'atmosfera. Il Giappone ha una rete di ricevitori GPS particolarmente densa, che ha permesso a Heki di notare un sottile aumento degli elettroni molto al di sopra dell'epicentro del sisma del sisma di Tōhoku circa 40 minuti prima che i sismometri al suolo rilevassero movimenti.

Heki dice però di essere stato restio a presentare i suoi risultati. «Non potevo non riflettere bene su come pubblicarli», dice. «La previsione dei terremoti è qualcosa di particolare. Tutti reagiscono in modo emotivo».

Tant'è che non li ha pubblicati subito. Dopo quello di Tōhoku è andato a guardare altri due grandi terremoti del passato per i quali erano disponibili dati GPS dettagliati, e in tutti e due i casi ha trovato un caratteristico aumento della concentrazione degli elettroni oltre 30 minuti prima dell'evento. Sembrava che più il terremoto era forte, maggiore era l'anticipo. In un sisma di magnitudo 8.2 in Cile era di 25 minuti, mentre per Tōhoku, magnitudo 9.0, era di 40 minuti. Dunque il segnale non diceva solo che la faglia stava per slittare, ma dava anche un'indicazione dell'intensità relativa del successivo sisma. «Non ho mai visto un fenomeno così chiaro presentarsi subito prima di un terremoto», dice.

Discussioni caotiche

Armato di questi dati, alla fine Heki ha pubblicato un lavoro nel settembre 2011, annunciando quello che aveva trovato. Altri scienziati hanno subito cominciato a sollevare obiezioni. Alcuni hanno detto che i risultati venivano da un'errata lettura dei dati e che i disturbi presenti durante e dopo il sisma intorbidavano il quadro. Heki ha risposto usando un altro metodo di analisi per evidenziare l'effetto presente prima del terremoto. Inoltre ha convertito le misurazioni effettuate obliquamente in una vista a volo d'uccello, pensando che questo avrebbe reso l'effetto più facile da individuare. Ma i critici hanno ribattuto che era solo un modo di riorganizzare gli stessi dati, di dubbio valore. Un altro gruppo giapponese ha attribuito l'effetto alle tempeste geomagnetiche; Heki ha effettuato un'altra analisi tenendone conto, e ha trovato che non spiegavano i cambiamenti da lui osservati.

Alcuni dei dubbiosi si sono convinti. «Questo è di gran lunga il miglior segno precursore mai osservato», sostiene Nakatani, che dice che aveva smesso di credere nella previsione dei terremoti dopo i fallimenti degli anni novanta. Ma Heki ha riacceso le sue speranze, tanto da fargli dire che questo lavoro potrebbe benissimo essere «la più importante scoperta mai fatta nello studio scientifico dei terremoti». Song, della NASA, è meno iperbolico ma concorda sul fatto che le nuvole di elettroni sono risultate difficili da attribuire a meri errori e sembrano indicare un evento reale. Freund dice che il sisma di Tōhoku è stato preceduto da mesi di

aumento delle pressioni e di cambiamenti della densità elettroniche. E anche se la pressione potrebbe aver trovato altri sfoghi – in invisibili terremoti «silenti», per esempio – il rilascio di particelle cariche è comunque un fenomeno prevedibile che, in teoria, sarebbe rilevabile negli altri terremoti.

I critici insistono però che Heki sta vedendo in un computer cose che non esistono nella realtà. «Cerca di confermare la sua idea iniziale senza validi dati a sostegno», dice Fabrizio Masci, dell'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia. Che ha pubblicato studi che confutano non solo quella di Heki ma anche altre idee per la previsione dei terremoti, e dice che le risposte di Heki sono «abili sistemi di distrazione del lettore». Molte critiche si concentrano su come Heki considera i livelli fondamentali degli elettroni. Queste particelle permeano il pianeta e fluttuano quanto il tempo atmosferico. Heki dice che subito prima di un sisma gli elettroni si addensano un po' più della media. Chi lo critica dice che si tratta invece dei quotidiani alti e bassi degli elettroni. In altre parole, Heki starebbe inseguendo un fantasma statistico.

Masci va oltre, e dice che se i terremoti in sé sono fenomeni fondamentalmente caotici potrebbe essere impossibile che esistano precursori sismici. Se le condizioni iniziali di un evento non sono precisamente determinate, non si può sapere come si svilupperanno gli effetti. E, nel caso dei terremoti, precisare tutte le condizioni iniziali è diabolicamente difficile.

Giovanni Occhipinti, dell'Institut de Physique du Globe di Parigi, non è così pessimista, anche se concorda su quanto sia scoraggiante il compito di capire tutti i fattori in gioco – tipi di roccia, pressione, faglie nelle vicinanze – abbastanza bene da formulare previsioni. E dice che dato il comportamento altamente caotico degli ioni in atmosfera è semplicemente impossibile tirare fuori un segnale da tutto il rumore. È come cercare di prevedere un uragano con un giorno di anticipo basandosi su un'unica nuvola. «Il problema è che ci sono un sacco di nuvole che vanno e vengono», dice. «Non è semplice dedurre un modo per distinguere quella particolare nuvola che vuoi vedere come un segno precursore».

Altri scienziati vogliono seguire meglio le eventuali anomalie nella ionosfera in corrispondenza di un terremoto

Fino a poco tempo fa Occhipinti era dalla parte degli scettici e credeva che la scoperta di Heki fosse una bizzarria statistica. Il lavoro più recente del geofisico giapponese, che considera il complesso spazio tridimensionale in cui si produce l'effetto, ha però catturato il suo interesse. Invece di una limitata istantanea satellitare, il modello 3-D mostra effetti multidimensionali che puntano a un processo fisico coerente sottostante le anomalie, il che rende difficile scartarle come effetti fantasma. Occhipinti vuole vedere altre analisi 3-D, e anche confronti con altri modelli per capire quanto bene vi si adattino. Quindi non si è ancora convertito del tutto. Ma dice che l'idea è «intrigante», e la sta esaminando più da vicino. «Fa progredire la scienza », dice, ma «bisogna essere davvero molto molto precisi. È in gioco la vita delle persone».

Dare l'allarme?

Il numero di queste vite può toccare le centinania di migliaia. Lo U.S. Geological Survey ha censito le morti dovute ai terremoti nel mondo in 16 anni, dal 2000 in poi. I numeri fluttuano, perché non tutti gli anni si verificano grandi sismi. Ma comunque sono spaventosi. In sette dei 16 anni si sono avuti oltre 20.000 morti; in altri due più di 200.000. Nei paesi più colpiti le persone desiderano essere avvisate in anticipo, anche solo di qualche secondo. Prendiamo Città del Messico, in una delle aree sismiche più pericolose e meglio studiate del pianeta. Dopo il devastante terremoto del 1985, che uccise 10.000 persone, il governo approfittò del fatto che in quella regione le onde sismiche viaggiano su distanze insolitamente lunghe, e allestì un sistema che può dare un preavviso di un paio di minuti, se le onde sono rilevate a distanza sufficiente.

Carlo Valdés, ingegnere geofisico e direttore del Centro nazionale per la prevenzione dei disastri del Messico, dice che un preavviso di 40 minuti può sembrare buono, ma la realtà non è tanto semplice. Innanzitutto i falsi allarmi possono danneggiare tutte le risposte d'emergenza. Vari terremoti in Messico hanno fatto scattare l'allarme, ma erano troppo deboli o situati in punti da cui non potevano colpire seriamente la città, per esempio. Le persone si sono stancate e hanno smesso di rispondere agli allarmi. Ma a preoccuparlo di più è il problema opposto, il panico. «Qualcuno dirà: ho 40 minuti di tempo, lascio la città», dice. «Ma basta una sola persona che si mette a strillare o a correre e tutti le vanno dietro». Le strade si intasano, nessuno si mette al sicuro.

Altri addetti alla pianificazione per le emergenze, comunque, osservano che anche un breve preavviso darebbe l'opportunità di cessare l'erogazione del gas o fermare le metropolitane, riducendo i rischi. E una maggiore precisione risolverebbe il problema dei falsi allarmi. Scienziati britannici e russi hanno proposto un satellite che potrebbe seguire meglio le anomalie atmosferiche del tipo studiato da Heki, e la Cina si sta muovendo con un programma di previsione con base nello spazio che guardi ai disturbi elettromagnetici della ionosfera. Ma data la sua complessità, e la sconcertante natura dei terremoti, potrebbero volerci decenni affinché dai dati atmosferici si passi a veri e propri sistemi di allerta sismica.

Geller non crede che ci si arriverà. «I cacciatori di precursori degli ultimi 130 anni hanno avuto tutti l'infantile convinzione che, uno, ci debbano essere precursori e che, due, debbano essere tanto più intensi quanto più forte è il terremoto. Ma non c'è ragione per cui questo debba essere vero», dice.

Heki comunque va avanti. Ha pubblicato un lavoro in cui analizza in dettaglio in 3-D il segno precursore di un terremoto avvenuto in Cile nel 2015, e che a suo avviso renderà più difficile confutare le sue idee. E cerca anche di ridurre il vuoto di dati che c'è tra le cariche elettriche e gli effettivi siti dove la Terra trema. L'obiettivo è capire meglio che cosa, nella crosta terrestre, produce gli effetti apparentemente osservati ad alta quota. «Nella ionosfera c'è qualcosa prima dei terremoti. Il meccanismo fisico non lo conosco – dice Heki – ma l'osservazione in sé è chiarissima». ■

PER APPROFONDIRE

Apparent Ionospheric Total Electron Content Variations Prior to Major Earthquakes Due to Electric Fields Created by Tectonic Stresses. Kelley M.C. e altri, in «Journal of Geophysical Research: Space Physics», Vol. 122, n. 6, pp. 6689-6695, giugno 2017.

Ionospheric Anomalies Immediately before M_W7.0–8.0 Earthquakes. He L. e Heki K., in «Journal of Geophysical Research: Space Physics», Vol. 122, n. 8, pp. 8659-8678, agosto 2017.

Three-Dimensional Tomography of Ionospheric Anomalies Immediately before the 2015 Illapel Earthquake, Central Chile. He L. e Heki K., in «Journal of Geophysical Research: Space Physics», Vol. 123, n. 5, pp. 4015-4025, maggio 2018.

J.L. GEROME.

Una rivoluzione acqua e sapone

Convincere ricchi e poveri, come pure aristocratici e borghesi, a lavarsi per migliorare la propria igiene e vita sociale ha richiesto molti secoli e qualche colpo di scena

di Arnaldo D'Amico

Terra Santa, anno 1177. Il 25 novembre, con la battaglia di Montgisard, Baldovino IV entrò nella storia, nella leggenda e nel film di Ridley Scott *Le crociate* (2005). Quel giorno, a 16 anni appena compiuti, si mise alla testa di 500 cavalieri e 2000 fanti. All'ultimo momento si unirono 80 cavalieri templari e 30 dell'Ordine di San Lazzaro, lebbrosi come il giovane re. Di fronte, 20.000 soldati del sultano di Siria ed Egitto, che non si aspettavano di combattere, vista la schiacciante superiorità numerica.

Invece, il Re Lebbroso e i cavalieri di San Lazzaro si tolsero l'elmo, mostrando i volti sfigurati dal male, e aprirono la carica. Oltre che orripilanti, erano invulnerabili. Feriti, continuavano a combattere, perché la lebbra toglie la sensibilità al dolore. Che sia stato il terrore suscitato dai cavalieri o la sorpresa per quell'attacco improbabile o tutto questo insieme, di fatto i 20.000 «infedeli» sbandarono, aprirono varchi per scansare quei cavalieri e i cristiani ebbero solo spalle in fuga su cui abbattere spade e lance. Tuttavia il successo militare del Re Lebbroso non consolidò la presenza cristiana in Terra Santa. I cristiani morivano di infezioni, soprattutto i bambini, molto più degli arabi. Nonostante dall'Europa arrivassero altri coloni e soldati, gli uomini per presidiare le vie di accesso dei pellegrini alla Città Santa non erano mai sufficienti, e Gerusalemme nel 1187 cedette al sultano Saladino. La maggiore mortalità era dovuta all'igiene: a differenza degli arabi, i cristiani non si lavavano.

Parigi, 1651. Don Carlos, misteriosamente rapito da alcuni uomini mascherati, si appresta a eseguire la *toilette* mattutina. La cella, in ossequio al suo rango, è dotata di candelabro, pettini, forbicine, bacile, brocca e quanto altro serviva a un nobiluomo la mattina, tutti finemente decorati o cesellati. Don Carlos compie la *routine* igienica di allora, compreso sciaquarsi volto, mani e bocca. Un nano, anche lui col volto mascherato, entra nella cella portando diversi capi di biancheria e camicie raffinate, candide e profumate. Lo aiuta a scegliere gli indumenti e poi a vestirsi. Don Carlos è pronto per incontrare i suoi rapitori. Sipario.

La scena è in una commedia dell'epoca scritta da Paul Scarron, recuperata dallo storico francese della vita quotidiana Georges Vigarello. Viene, come la maggiore mortalità dei cristiani rispetto agli arabi a Gerusalemme, dalle migliaia di testimonianze e documenti raccolti dagli storici della vita privata o della medicina.

Due episodi lontani nel tempo e nello spazio con identico protagonista: la pulizia del corpo e, per la Terra Santa, le conseguenze patologiche di quando manca tutto questo, oggi definito igiene personale. A cui, insieme a quella pubblica, l'umanità deve la maggior parte della vita media di cui gode oggi.

Ci sono due assenze che non balzano subito agli occhi. Sono cose a cui siamo talmente abituati che, pure se non nominate, si da per scontato ci siano. La prima assenza è il sapone. Oggi lo usiamo più volte al giorno senza farci caso, tuttavia compie un piccolo miracolo.

«Saponificazione» e «sapone», senza entrare troppo nei detta-

IN BREVE

L'igiene personale di base che prevede l'uso del sapone, o di prodotti simili, e dell'acqua per detergere il corpo, è una conquista recente, ed è avvenuta in più fasi. **La produzione industriale** di sapone raggiunse tempi e costi vicini a quelli attuali solo nei primi decenni del XIX secolo. Più o meno in quegli stessi anni, l'acqua riacquistò importanza per l'igiene personale, dopo secoli di oblio. **Ancora oggi però** miliardi di persone non hanno accesso sufficiente all'acqua e all'uso del sapone, con ricadute negative sulla salute.

Christie's Images/Artothek/Archivi Alinari

Arnaldo D'Amico, neurologo clinico e ricercatore per 12 anni, poi al quotidiano «la Repubblica». Quando può sta in un laboratorio (Life Science a Berkeley, Sloan Kettering a New York, Harvard a Boston) a vedere come si fanno le scoperte.

gli, sono termini chimici. Il primo indica la reazione chimica che unisce una molecola alcalina (come idrossido di sodio o di potassio, carbonati vari e così via) e una di grasso (vegetale come l'olio di oliva, o animale). La nuova molecola ha una «coda» attratta dai grassi e una «testa» dall'acqua. In assenza di questo tipo di molecole, dette anfipatiche, il grasso rimane separato dall'acqua, come l'olio nella minestra, e per quanta acqua si faccia scorrere su un piatto unto, per esempio, i grassi rimangono al loro posto.

Con «sapone» si indica la sostanza che si ottiene da questa reazione chimica, composta di molecole anfipatiche. Quando arrivano sulla pelle insieme all'acqua, agganciano e portano via lo strato grasso (lipidico) prodotto costantemente dall'epidermide a cui sono dovute, per esempio, le impronte digitali. Una patina in cui si accumulano i composti maleodoranti della fermentazione batterica di quel grasso, del sudore e delle cellule epiteliali morte. E quello che vi rimane appiccicato: lo sporco in genere, batteri, muffe e virus. Per questo il sapone è ancora oggi l'igienizzante più efficace. Non per la blanda azione battericida che pur possiede, ma perché porta via i microbi rimasti appiccicati sulla pelle pronti, dalle mani, a passare su tutti gli oggetti che tocchiamo, su altre mani e su quello che ingeriamo, noi e gli altri.

Il sapone come lo conosciamo oggi, non più raro e costoso come quello artigianale, nacque nel 1791 a Marsiglia

Bolle di profumo (e di igiene)

Il sapone come lo conosciamo oggi, prodotto industriale non più raro e costoso come quello artigianale, nacque a Marsiglia nel 1791. L'Accademia delle scienze di Francia offrì un ricco premio a chi fosse riuscito a produrre la sostanza alcalina usata dai saponifici in modo più veloce ed economico. Magari sfruttando il sale delle tante saline. A Marsiglia si usava il carbonato di sodio ricavato dalla cenere della *Salsola soda*, erba spontanea della macchia mediterranea che alimentava fabbriche in tutta la costa francese e ligure. I 48 saponifici di Marsiglia, nonostante dagli inizi del Settecento sfornassero 76.000 tonnellate all'anno di sapone impiegando 600 operai e 1500 forzati, non riuscivano a soddisfare nemmeno la domanda interna della Francia, costretta a importare sapone dalla vicina Savona (da cui viene il francese *savon*, secondo alcuni filologi). L'olio d'oliva non mancava; a rallentare la produzione era l'estrazione del carbonato di sodio.

Nicolas Leblanc, medico di successo, con Luigi Filippo II di Borbone-Orléans tra i suoi pazienti, aveva comunque bisogno di soldi. Così si improvvisò chimico e si lanciò nella sfida. L'anno della Rivoluzione Francese, il 1789, Leblanc tagliò il traguardo. In soli due passaggi, un po' di carbone e calcare, sintetizzò carbonato di sodio dal sale marino. Dopo due anni la sua fabbrica sfornava già 320 tonnellate di carbonato di sodio l'anno e dopo sette anni si dovette ricorrere all'olio di cocco e di palma perché quello d'oliva non bastava più. Ma Leblanc non poté godere di questo successo. Il governo rivoluzionario, vuoi perché era il medico di quel nobile, ghigliottinato nonostante si fosse convertito alla rivoluzione con il nome di Philippe Égalité, vuoi per risparmiare, non gli versò il premio e gli confiscò la fabbrica. Più povero di prima per i debiti contratti per costruire la fabbrica, Leblanc cadde in una grave depressione, da cui non si riprese nemmeno quando, nel 1802, Napoleone gli restituì la fabbrica, ma non il premio. Nel 1806 il medico-chimico si sparò alla testa.

Per arrivare a tempi e costi vicini agli attuali bisogna però aspettare la nascente chimica che nel 1823 spiega la reazione di saponificazione, aprendo la strada alla sintesi di nuove molecole anfipatiche. E il 1861, quando il belga Ernest Solvay migliora il metodo Leblanc e chiama il suo carbonato di sodio soda Solvay, unendo il nome della pianta al suo cognome.

Il sapone, però, c'era da millenni. Risale al 2220 a.C. una ricetta in cuneiforme a base di olio vegetale, sostanze alcaline e acqua. Prove della fabbricazione e dell'uso del sapone si trovano presso gli Egizi, e poi in tutto il Medio Oriente, dove ad Aleppo, oggi in Siria, trova la formulazione che ne decreta il successo: l'aggiunta di olio di alloro e di altri profumi per coprire l'odore di rancido emesso dall'olio di oliva dopo la lavorazione. Sapone di Aleppo e palline di Damasco sono i *souvenir* ambiti dai Crociati per le loro dame in patria e che ispirano l'inizio della produzione già nell'XI secolo a Marsiglia, Bristol e nella regione della Castiglia. Ma, come rivela l'alta mortalità del presidio cristiano di Gerusalemme e altre testimonianze, questo sapone veniva usato poco o per nulla per lavarsi dagli europei. A cui, comunque, non era sconosciuto prima del suo arrivo dal Medio Oriente.

Primo secolo dopo Cristo, Impero Romano, i soldati dai confini settentrionali raccontano, e Plinio il Vecchio scrive, che i Germani chiamano *bukete* (da cui viene bucato in italiano) la tinozza con dentro panni, acqua e cenere (i cui alcali saponificano il grasso depositato nei tessuti) dove lavano gli indumenti. E che gli uomini – ma non le donne, sottolinea Plinio – passano sui lunghi capelli un liquido scivoloso ottenuto da grasso animale e cenere di faggio. I capelli ne escono puliti e con i colori naturali biondo e rosso brillanti. Il coevo Marziale, acuto fustigatore dei costumi della società romana, conferma l'uso solo cosmetico di quello che chiama *sapo* quando racconta gli scoppi d'ira delle patrizie romane contro le schiave pettinatrici. A queste il delicato compito di applicare sui capelli delle matrone il sapo, che grazie a un eccesso di cenere nella composizione li schiariva. Ma spesso il risultato non era gradito dalle padrone…

Forse per la sua origine barbara, il sapo rimase un cosmetico per i Romani, che continuarono a lavarsi ai *balnea*, gratuiti, (nella capitale erano 1300 nel I secolo d.C., quando si smise di censirli), dove tutti, schiavi compresi, andavano regolarmente il pomeriggio. Qui si strofinava la pelle anche con l'argilla, che ha sostanze anfipatiche. E i panni con l'urina fermentata, ricca di ammoniaca,

Universal Images Group/Getty Images

Sporchi e puliti. Come altri nobili dell'epoca, anche il Re Sole, qui nel 1701, non aveva una frequentazione assidua con l'acqua. A pagina 60, un dipinto del 1889 ritrae una giovane donna in un bagno pubblico.

altro detergente. La pratica maleodorante era riservata alle lavanderie pubbliche, le *fullonicae*, dove i *pigiatores* pestavano a lungo tuniche e pepli e li consegnavano puliti e inodori dopo abbondanti risciacqui. L'aumento della domanda di urina con la crescita della popolazione portò Vespasiano a disseminare la città di orinatoi per raccogliere la materia prima. E tassarla. Così su un vespasiano una mattina apparve la scritta *pecunia non olet*.

La rivincita del bagno

Mentre le fulloniche scompaiono con l'Impero Romano, le terme no. Nel Medio Oriente diventano gli *hammam*. E in tutto l'ex Impero Romano i *balnea* rimangono un luogo dove ci si lava e si socializza. Ma gli aspetti sensuali e carnali già presenti ai tempi dei Romani (Marziale stigmatizza quelle «giovinette che alle terme esibiscono le loro grazie facendo ginnastica e giochi vari») cominciano a essere malvisti. Se Marziale condannava narcisismo ed esibizionismo, i cristiani invece vedono il peccato in agguato. E sulla nuova morale poggiarono poi altri fattori e convincimenti fatali per il lavarsi, con o senza sapone.

La scomparsa dell'acqua dalle pratiche di igiene personale e poi il suo riapparire non sono avvenuti da un giorno all'altro come ci si aspetterebbe nella nostra epoca di *mass media* globali e viaggi veloci. I cambiamenti delle abitudini e poi la loro diffusione impiegarono molti decenni per diffondersi.

In Europa la condanna dell'acqua diventa unanime nell'opinione pubblica e nella medicina alla fine del Quattrocento, dura circa tre secoli e si avvia alla riabilitazione agli inizi dell'Ottocento. Negli stessi anni in cui Scarron mostra sul palco Don Carlos che sciacqua solo mani, viso e bocca, sul «Journal de la santé du roi Louis XIV», la «cartella clinica» del Re Sole, si apprende di una cura emblematica di come era considerata l'acqua. I medici di corte hanno dovuto decidere una cura da «ultima spiaggia», o la va o la spacca: un bagno caldo.

In virtù dell'enorme potere pernicioso ormai conferitole, l'acqua, come veleno che diventa farmaco se ben dosato, poteva guarire. Forse. Il rischio è altissimo. Ma inutili tutte le cure conosciute. Il regale paziente, annotano i medici di corte, «continua ad avere sussulti, attacchi furiosi, movimenti convulsi, seguiti da eruzioni di macchie rosse e violacee sul petto». Consapevoli dell'azzardo, i medici predispongono un formidabile programma preventivo. Prima della temibile cura dell'acqua calda praticano otto salassi, una purga e, l'ultima sera, un clistere. «Il Re Sole entra nella vasca alle 10 in punto», annotano i medici. Presto viene portato fuori perché «accusa senso di pesantezza e di spossatezza, e un dolore sordo alla testa come non ne aveva mai avuti prima».

Luigi XIV doveva avere una salute di ferro. Quasi tutti gli esseri umani, dopo i liquidi persi con i trattamenti preventivi e l'immersione in acqua calda, sarebbero svenuti o morti per collasso cardiocircolatorio innescato dalla vasodilatazione periferica. Invece il Re Sole patì solo qualche altro giorno di spossatezza e mal di testa. La cura, sempre preceduta dal trittico disidratante salas-

so-purga-clistere, fu somministrata un anno dopo. L'unico effetto, annotavano sconsolati i medici, è che «il re non volle fare più un bagno caldo», sino alla morte, all'età di 80 anni, un record per quei tempi.

Miasmi pestilenziali

Gli effluvi maleodoranti dei corpi non lavati non sono un problema sociale già due secoli prima. Alla fine del Quattrocento, da tutta Europa, re e nobili convergono alla corte spagnola per un matrimonio regale. Una cronaca del tempo riferisce l'imbarazzo generale suscitato dalla delegazione inglese. I nobili si presentano alla cerimonia con gli abiti da festa che devono aver indossato alla partenza. Gli altri invitati, i francesi soprattutto, si fanno beffe di questi viaggiatori stazzonati, ridicolizzano il degrado degli abiti, i tessuti deformati dalle piogge, macchiati da fango e sudore e le pellicce strapazzate dalla lunga cavalcata. Non una parola sullo sporco del corpo, né sull'odore che di certo effondono nei saloni.

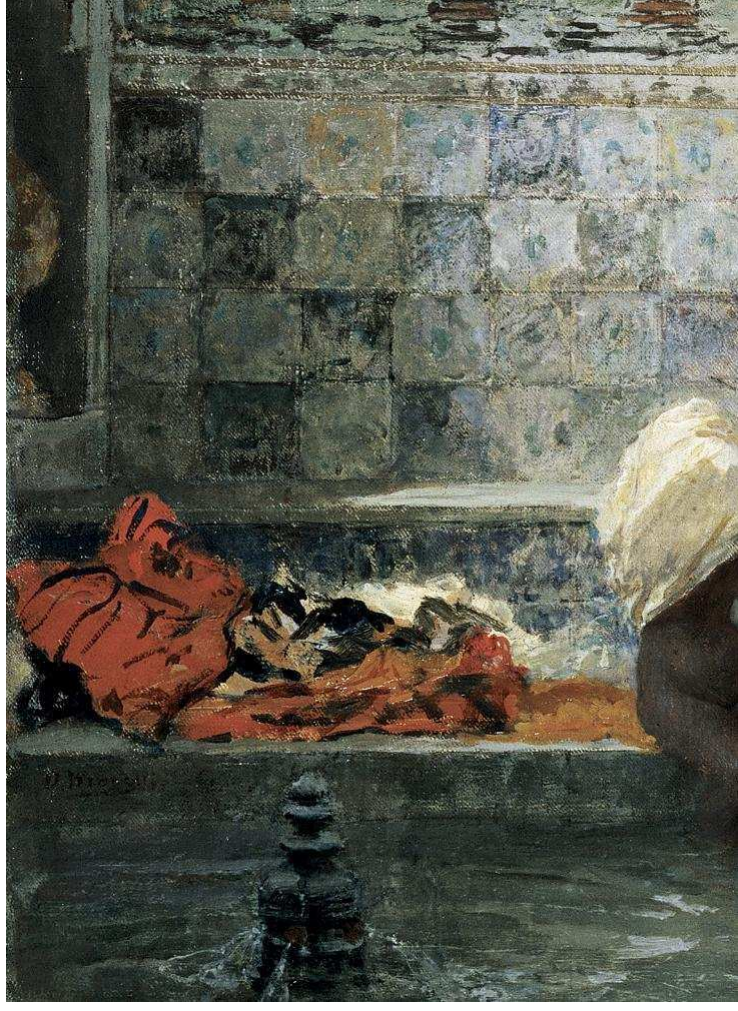
«Il re puzza – sbotta la ex favorita – puzza come una carogna». Lui è Enrico IV, nonno del Re Sole, noto donnaiolo, e lei la marchesa di Verneuil, preferita a Maria de Medici, che il re sposa nel 1600. Che sia stato per fermare gli ardori regali o per vendicarsi, quella di Madame de Verneuil è una delle rare rimostranze degli effetti odorosi del non lavarsi in questi secoli. Che sottolinea impietosa: «Nonostante sua maestà indossi camicie sempre candide, di lino finissimo, lavorato con fili d'oro e di seta di diversi colori ai polsini, sul colletto e lungo le cuciture».

La perfida osservazione è in linea con la rivoluzione della moda in corso. E dei suoi obiettivi igienici. La data d'inizio, secondo lo storico francese Georges Vigarello, è il 1480, anno in cui nei ritratti di Giovanni Bellini spunta la camicia prima nascosta sotto il vestito, una riga bianca tra farsetto e collo. La ritrattistica successiva ne registra la crescente espansione in tutta Europa. Il capo intimo fuoriesce in polsini e colletti dai risvolti sempre più ampi. Diventa uno *status symbol*, sottolineato da lavorazioni raffinate, che attivano un fiorente mercato di merletti, i più ambiti quelli fiamminghi, milanesi e veneziani. I risvolti arriveranno a toccarsi nel Settecento, quando anche le parrucche diventano bianche per aumentare il messaggio di candore e pulizia della camicia.

Il perché lo sintetizza alla fine del XVII secolo Claude Perrault, autorità della scienza, della medicina e dell'architettura che firmò la facciata del Louvre: «Toccherebbe a noi fare dei grandi bagni, anche nelle case, perché abbiamo finalmente le conoscenze e i mezzi. Ma la pulizia della nostra biancheria e la gran quantità di cui ne disponiamo valgono di più di tutti i bagni del mondo».

I famosi lasciano tracce più dettagliate nelle cronache del tempo. Scopriamo così che alla fine del Seicento in casa Molière ci sono 30 camicie, 30 anche da Racine e nelle case di ricchi commercianti e nobili se ne trovano fino a 40-50. Intanto, al vestito sopra la camicia si chiede di isolare il corpo con stoffe a trama fitta, seta per chi può, tela cerata per gli altri, molto aderenti, aumentando sudorazione e macerazione della pelle con i relativi, ulteriori effluvi.

Non solo. Si sopportano stoicamente tutti i parassiti insieme a mosche, vespe, topi e ratti moltiplicati da rifiuti ed escrementi disseminati nelle strade. Spulciare e spidocchiare sono un'attività sociale costante, molto più intensa del *grooming* dei nostri parenti primati. Nascono le spidocchiatrici professioniste, che si mettono al lavoro d'estate, quando c'è più luce. Dettagliate le regole di *bon ton*. «Proprio per i salti che fa, è difficile acchiappare una pulce – ammette un manuale – non per questo è accettabile, quando la si cattura, cedere alla tentazione di schiacciarla davanti a tutti. Altresì è sconveniente, quando si è a tavola, grattarsi la testa o prendere dal collo pidocchi e pulci».

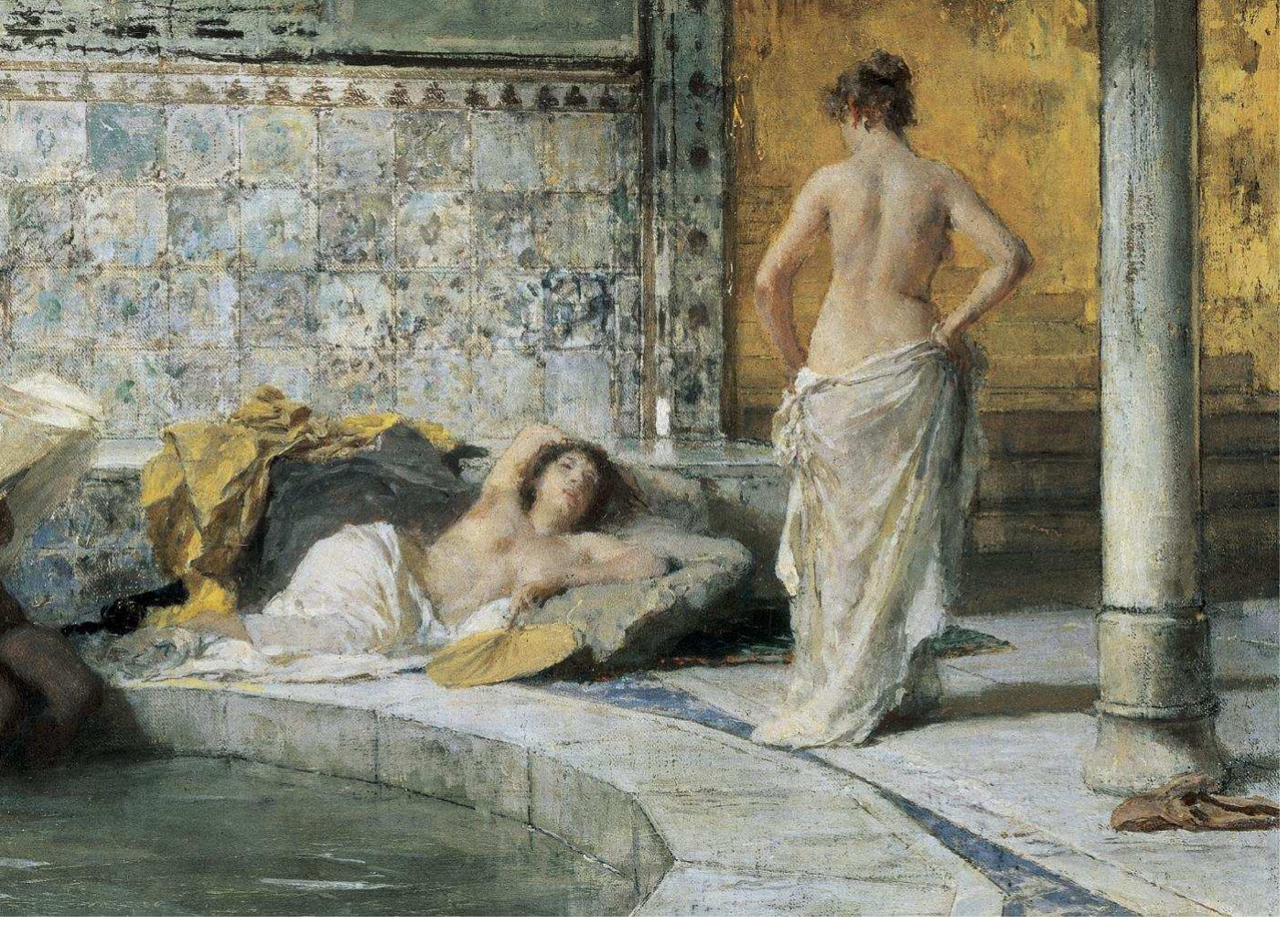


Viaggio in oriente. Bagno turco dipinto tra il 1876 e il 1878 dall'italiano Domenico Morelli, esponente della corrente degli orientalisti italiani.

La forza per sopportare cotante sofferenze e disagi viene dalla totale adesione a una teoria elaborata dalla medicina e che, a differenza di tante altre enunciate in quei secoli, viene capita e convince tutti, dal popolo sino agli accademici, in ogni parte d'Europa: la «teoria dei pori», altrimenti detta «dottrina aerista» o dei «miasmi» o della «malaria».

Giorgio Cosmacini, uno dei maggiori storici della medicina, avverte: «Prima di sorridere di quelle teorie è bene considerare la mentalità della medicina di quei secoli». È opposta a quella scientifica e figlia del cosiddetto «buonsenso» popolare molto più di quanto il suo astruso latino faccia pensare. Dominava ancora il principio ippocratico: «Allorché molti uomini son colpiti da una sola malattia nello stesso tempo, occorre imputare la causa a ciò che di più comune e di cui tutti in primo luogo soggiacciamo e questo è ciò che respiriamo». E così, allo scoppio della prima, tragica pestilenza del 1348, dice in sintesi Cosmacini, non vedendo ancora i microbi l'attenzione si concentra su quell'aria che, maleodorante come nelle paludi e nelle acque stagnanti, aveva già additato la causa di un'altra temibile malattia, la malaria appunto. E quell'anno uno scirocco eccezionale per intensità e durata rende l'aria «pestilenziale» per l'accentuazione della fermentazione di immondizia e deiezioni riversate nelle strade. Non ci sono dubbi, quel nuovo contagio fulminate dipende da quei miasmi che, affermava ancora Ippocrate e poi Galeno, entrano nel corpo attraverso i pori del-

Dea Picture Library/Getty Images



la pelle. Pori dilatati dal calore, di più dal caldo umido, spalancati dall'acqua, che, se pure calda, rende il pericolo un destino.

Non si vedono invece pulci e ratti, nemmeno quando escono a centinaia all'aperto per morire di peste prima dell'ennesima strage di esseri umani. Davanti agli occhi da sempre, non sono un'anomalia della quotidianità. È una società in cui l'affermazione di una causa si regge su un ragionamento comprensibile e convincente. I fatti che lo contraddicono non sono visti. Chi li indica, o esprime dubbi, non è ascoltato. Se gli va bene. Molti vanno al rogo.

Negli scritti medici di fine Trecento la dottrina aerista esprime il massimo tentativo della ragione medica di razionalizzare la mostruosità della peste (le epidemie non mancano, ma è la prima in cui il contagio avviene in tre giorni appena) con una visione insieme meteorologica, epidemiologica e pneumologica basata sul pneuma ippocratico, universale, circolante fuori e dentro il corpo.

Il destino dei bagni pubblici di romana tradizione e di quelli domestici è segnato. Nel 1292 Parigi – con 70.000 abitanti – conta 26 terme, Bruges 40 e Bruxelles 30, come Baden-Baden, in Germania. In Italia sono rinomati fin dall'VIII secolo i bagni pubblici di Ravenna, Pavia, Lucca, Gaeta e Napoli. Si decanta il piacere di «acqua calda fuori, vino dentro ed ognun sta contento» e delle cameriere «ben in carne, gentili e sollecite che, allungando qualche denaro, dan piacere al corpo tutto». Ma dopo la prima pestilenza i predicatori hanno già le idee chiare e invocano la chiusura di quei luoghi di «promiscuità e peccato che attirano l'ira divina». Nell'Islam invece i bagni pubblici continuano a fiorire, ci si lava anche per motivi religiosi, e il «nero morbo» è raro. Ma nessuno lo nota.

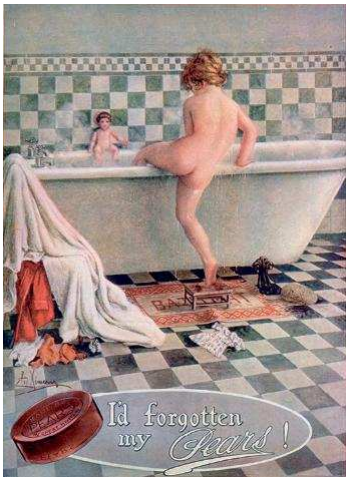
Nei secoli della peste l'acqua non scompare del tutto. Oltre che nelle «cure d'urto», può bagnare viso e mani soltanto e se fredda.

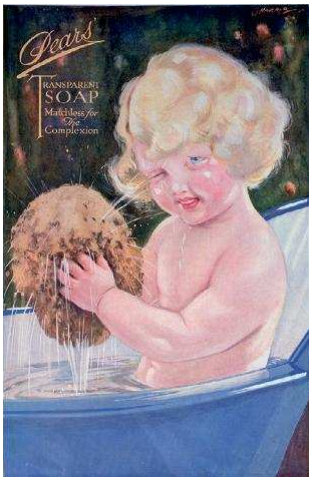
Con la fine della peste (l'ultima epidemia partì proprio da Marsiglia nel 1729) si iniziano a registrare alcune riabilitazioni, prima nel costume. Per esempio, nel 1751 la potente Madame de Pompadour riceve in regalo, e gradisce, un *bidet* sontuoso, di palissandro e bronzo cesellato. Il bagno in casa è addirittura seducente. Il marchese di Fremicourt racconta come riesce a ottenere i favori della giovane Melite facendole visitare la sua nuova casa sulla Senna. Il marchese mostra solo alla fine del giro il bagno con la sua grande e lussuosa vasca da bagno, convinto che sarà la vera, determinante sorpresa della visita. Che funziona.

Intanto le epidemie non danno tregua. Vaiolo, tifo e colera, solo per citare i più micidiali, endemici da sempre, prendono il posto della peste nel compiere le stragi periodiche. Nel 1753 il vaiolo fa 20.000 vittime in due mesi a Parigi, nel 1768 60.000 in tre mesi a Napoli, citando solo quelle in cui il bilancio fu abbastanza preciso. E con l'approdo in Inghilterra delle prime navi dall'India sbarca ciclicamente lì, e poi nel continente europeo, il colera, partito dall'acqua sacra del Gange che la religione impone di bere.

Un colpo alla teoria dei pori

Il *Beagle*, il veliero su cui sta per nascere *L'origine delle specie*, è ormeggiato in Sud America per prepararsi al passaggio di Capo Horn e poi avventurarsi nell'Oceano Pacifico. È il 1832. Sullo scrittoio della cabina di poppa la pila di lettere partite da Londra un anno prima cade. Charles Darwin nota l'unica col sigillo nero, quello che preannuncia un lutto. Sa delle tremende epidemie che flagellano l'Europa e legge della morte che più lo addolora: Fanny Wedgwood, l'amata cugina, è stata presa dal colera. Una morte tremenda: la diarrea è tale che la perdita di sali minerali scatena crampi muscolari, mentre quella di liquidi rende il malato uno zombie; addome e occhi incavati, naso affilato, rughe ovunque, anche su vi-





Viva la pulizia.
Pubblicità di sapone dei primi del Novecento. A fronte, ritratto del 1756 di Madame de Pompadour, la quale tra i numerosi doni ricevuti può vantare un bidet sontuoso, di palissandro e bronzo cesellato.

so e mani, mentre il colorito diventa bluastro per la cianosi da circolazione insufficiente nella pelle per la mancanza di liquidi.

Vaiolo, tifo e soprattutto il colera, «malattia non già identica, ma analoga alla peste bubbonica» scrivono i medici del tempo, sono troppi e così diversi tra loro per stare tutti nella «teoria dei pori». I medici stessi non godono più di fiducia: il trittico «salasso-purga-clistere» non funziona. Ed è lo stesso per malattie così diverse. Si inizia a misurare e poi ragionare sui dati che aprono nuovi orizzonti, prima i comuni cittadini e dopo i medici.

Nelle campagne si scopre una vita media di 40 anni, nelle città di 24. Eppure, si osserva, i contadini sono falciati da quella malaria alla base della «teoria dei miasmi». Il confronto delle mortalità è del 1797, e rivela quanto «sia meno utile il ragionare che il misurare». A cui si dedicano anche i giornali. Nella raccolta del 1835 del trisettimanale «Il Nuovo Osservatore veneziano» che riporta notizie anche dai giornali di tutto il mondo, il colera è presenza costante perché non manca mai almeno una città italiana o estera in cui non vi sia in corso un'epidemia. Appare in forma di bilancio giornaliero tra nuovi contagi, guariti, deceduti e casi complessivi dall'inizio dell'epidemia nella città. Riferite anche le misure sanitarie pubbliche e l'esito delle terapie, tradizionali e nuove, come dosi massicce di carbone vegetale, sempre infauste. La mortalità oscilla tra il 50 e il 70 per cento.

Il primo colpo alla «teoria dei pori» non arriva dalla medicina. Nel *Trattato elementare di chimica generale* (1810) del professor Brugnatelli dell'Università di Pavia si ipotizza che gli organismi viventi prendono ossigeno anche dai pori della pelle. La prova viene dai fisici che, per misurare il calore generato dai processi vitali, isolano la pelle degli animali. Che muoiono. I pori non sono una minaccia, anzi, vanno tenuti ben aperti.

Negli anni a cavallo della metà dell'Ottocento si susseguono alcune scoperte frutto di questo nuovo approccio alla medicina che verifica invece di teorizzare. Alla luce delle conoscenze di oggi ci si aspetterebbe da ognuna l'avvio di una rivoluzione. Invece…

Vienna, 1847. Ignac Semmelweis scopre che la morte viaggia sulla mani dei medici. Lo dimostra nel prestigioso ospedale universitario dove la febbre puerperale uccide tre neomamme su dieci, come nel resto del mondo. È la prima causa di morte per le donne. E dimostra che lavandosi le mani la strage si ferma. Le autorità dell'ospedale, irritate da «una teoria offensiva della dignità della professione», lo cacciano. Semmelweis finì in manicomio.

Londra, 1854. Ennesima ondata di colera, in particolare a Soho. Segnando sulla carta della città i decessi e parlando con gli abitanti, John Snow cerchia di rosso e fa disattivare una delle fontane che pescano nelle falde sottostanti, contaminate prima o poi dai pozzi neri delle case. Fermata l'epidemia, passata la paura, la fontana è riattivata. Il colera riprende a flagellare Londra e, da lì, l'Europa.

Glasgow, 1861. sterilizzando gli strumenti chirurgici, Joseph Lister abbatte la mortalità post-operatoria, e la pratica si diffonde. Ma ci mette altri 22 anni per convincere i medici a lavarsi le mani col sapone e i chirurghi a mettersi i guanti.

Acqua e sapone per le mani

In quello stesso 1861 vi è il giorno in cui si può fissare la data di nascita del sapone come strumento di igiene personale per un evento che non ha nulla a che fare con la medicina. Il 12 aprile, dall'altra parte dell'Oceano Atlantico, scoppia la guerra più cruenta e feroce di tutti i tempi, la Guerra di secessione. L'esercito del Nord degli Stati Uniti sfodera nuove tecnologie micidiali come pallottole dilanianti che spara più spesso perché usa polvere da sparo che non fa fumo. E dota ogni soldato di una saponetta.

Vince la ricca commessa una piccola fabbrica di Cincinnati, in Ohio, che l'anno prima, per un errore di produzione, ha creato il primo sapone galleggiante. Se sfugge di mano, non affonda più nei laghi e nei fiumi dove spesso anche i soldati si lavano corpo e biancheria. La fabbrica era stata fondata da un candelaio di Londra e da un saponiere irlandese emigrati per conto proprio in America nel 1830. Il colera uccide la moglie del primo a New York, colpisce il secondo nella traversata (le navi degli emigranti erano falciate dal colera). I due aprono i rispettivi esercizi a Cincinnati, davanti al mattatoio, dove prendono il grasso animale che gli serve. Sposano due sorelle, e il suocero li spinge a unire le forze.

La guerra di secessione prende la piega a favore del Nord e dei cognati, insperata perché i Confederati del Sud erano convinti che l'Europa, dipendente dal cotone per la massiccia produzione di camicie, scendesse in campo al loro fianco. Invece nessun governo europeo prende ufficialmente posizione; alcuni inviano armi e un po' di truppe a una parte o all'altra. Dall'Italia appena unita, rimasti disoccupati, i garibaldini vanno col Nord, i soldati borbonici col Sud. Finita la guerra, gli affari volarono. I soldati, tornati a casa, continuarono a comprare i prodotti dei due cognati, ricordando i loro cognomi sulle saponette, Procter & Gamble.

Appresa la lezione economica dell'innovazione dal sapone galleggiante, già nella seconda metà dell'Ottocento P&G è una delle aziende che investe di più in ricerca e sviluppo. Migliora la produzione del sapone tradizionale e scopre i detergenti sintetici. In-

Mary Evans/AGF (*sinistra*); Heritage/AGF (*centro*); Heritage/AGF (*destra*)

Photo Josse/Leemage/Getty Images

venta la pubblicità indiretta, finanziando le *soap opera* alla radio e poi alla televisione. Mette giocattoli nelle scatole del detersivo in polvere con lo scopo, riuscito in pieno, di indurre i bambini a spingere le madri ad acquistarlo. Infine, scompare, facendo comunicazione solo per i propri marchi. In caso ci siano problemi, di qualunque tipo, lesivi dell'immagine di un prodotto, gli effetti negativi ricadranno solo sul relativo marchio. Oggi P&G fattura 79,7 miliardi di dollari, ha un utile netto di 12,7 miliardi e i dipendenti sparsi per il mondo sono 127.000.

In base a quali prove scientifiche ogni giubba blu ricevette una saponetta non è chiaro. Sino al 1861 le ricerche avevano fatto intravedere una vita invisibile ostile, che può passare anche dall'intestino alla bocca, ma chissà come.

A che cosa serve il sapone lo fa vedere Louis Pasteur, per la prima volta in un modo che non lascia dubbi né ai medici né all'opinione pubblica. Le colture batteriche fatte prima e dopo il lavaggio delle mani parlano da sole. In quelle derivate dalle mani sporche un tappeto di microbi invade il terreno di coltura, mentre in quelle appena lavate spunta qualche piccola colonia. E tutto questo viene mostrato da un uomo che ha dato ai francesi e poi al mondo clamorosi balzi in avanti nel benessere, anche economico, proprio con quella vita microscopica. Dal 1859 Pasteur prende di mira i grandi problemi dell'agricoltura. Studia la fermentazione di birra, vino e aceto e indica come arrestarla, impedendo che il prodotto deperisca, anche per altre contaminazioni, con la pastorizzazione. Poi cura la malattia del baco da seta che aveva stroncato la produzione europea, ferma le stragi da «colera dei polli» ispirandosi al lavoro di Edward Jenner sul vaiolo e chiama il metodo «vaccino» in suo onore, con cui elimina anche il carbonchio di bovini, ovini ed equini. Sono scoperte che aumentano la disponibilità e abbattono il costo del cibo. Infine, mette a punto un vaccino contro un nemico invisibile al microscopio, così piccolo che passa nei filtri che bloccano i batteri, il virus della rabbia.

Ma tra i medici non mancavano i nemici. Nell'accademia già molti mal sopportavano che questo chimico avesse dettato loro come comportarsi con le mani durante le visite, in camera operatoria e quando trattavano le ferite. Proprio il vaccino contro la rabbia, invasione di campo diretta nella medicina, fornisce l'occasione per lo scatenarsi dei malumori. Dopo 349 persone, soprattutto bambini, salvati dalla rabbia, arriva l'ennesimo ragazzino morso da un cane rabbioso. La famiglia ha compiuto un lungo viaggio per raggiungere Pasteur, che sospetta siano passati più dei tre giorni dal contagio che per esperienza sapeva essere il tempo limite per intervenire. Si scoprì dopo il perché: il virus entra nel sistema nervoso, dove gli anticorpi non entrano. Ma i genitori imploravano, il primo test diagnostico della rabbia messo a punto dallo scienziato risponde in una decina di giorni: Pasteur inizia le somministrazioni. Il caso 350 muore di rabbia, quasi certamente perché il contagio è avvenuto prima di quanto ammesso dai genitori.

Sui giornali fioccano titoli come *Ucciso dal vaccino di Pasteur?* con tanto di punto interrogativo che salva il giornalista dalla condanna per diffamazione, ma instilla un dubbio terribile, che diventa certezza se si parla di morte. Gli articoli riportano le accuse di illustri medici di «imprudenza», «faciloneria» e superbia». Le spiegazioni scientifiche di Pasteur e di altri scienziati, chiare ma più faticose da capire dei giudizi negativi sul chimico, servono a poco. Pasteur è amareggiato, interrompe le ricerche sulla rabbia, vuole ritirarsi a vita privata. Ma allievi e colleghi lo convincono a rimanere alla guida dell'istituto. Morirà una decina di anni dopo, nel 1895.

Oggi la pratica del lavarsi le mani è finalmente accettata, ma frequentata meno di quanto si dovrebbe. Nonostante la stampa dia periodicamente grande risalto alle analisi dei batteri sulla pelle che si fanno ancora spesso. Due tra le più recenti sono semplici ma molto indicative.

In un liceo degli Stati Uniti, per illustrare la necessità di lavarsi le mani, agli studenti stessi è stato fatto eseguire il conteggio dei batteri prima e dopo il lavaggio delle mani. Nei sei mesi successivi, sono state annotate le assenze per malattia. Nelle classi che avevano svolto l'esperimento le assenze, in genere per gastroenteriti e influenza, sono state il 30 per cento in meno.

Il secondo è stato effettuato su 400 pendolari di cinque città britanniche che usano i mezzi pubblici. Sulle mani del 28 per cento ci sono i batteri non patogeni dell'intestino umano. Che potevano essere i loro o raccolti da mani, maniglie e quant'altro hanno toccato nel viaggio. In pratica, sulle mani di un individuo su tre arrivano e ripartono batteri che arrivano dall'intestino, come quelli che causano colera, tifo, poliomielite, epatiti A ed E, *Helicobacter pylori* che causa l'ulcera gastrica. Figuriamoci che cosa succedeva quando le mani non le lavava nessuno.

L'acqua invece non fa più paura. Ma troppo spesso manca. Ancora oggi 2 miliardi di esseri umani usano poco o niente sapone perché non hanno acqua in casa. E da quelli continuano a partire le epidemie. ■

PER APPROFONDIRE

La sagra degli antichi saponi. Damiani G., Edizioni Tracce, Pescara, 2010.

Storia della medicina e della sanità in Italia. Cosmacini G., Laterza, Bari, 2016.

Lo sporco e il pulito. Vigarello G., Marsilio, Venezia, 1988.

Chi ha più cervello?

Recenti misurazioni del potenziale cognitivo dicono che i cani battono i loro tradizionali rivali felini

di Josh Fischman

Gran parte di ciò che chiamiamo pensiero avviene al confine più esterno del cervello, il manto di cellule dalle pieghe profonde che avvolge la parte centrale del cervello di ogni animale dotato di midollo spinale. Questo manto integra ogni tipo di informazione, prende decisioni, interpreta emozioni, risolve problemi e genera un comportamento complesso. Si chiama corteccia cerebrale, e i neuroni che ne fanno parte – l'uomo ne ha circa 16 miliardi – agiscono da minuscoli elaboratori di informazione per formare pensieri.

Un nuovo conteggio di queste cellule nel cranio degli animali più amati dagli esseri umani mostra che i cani superano di gran lunga i gatti: un comune cane meticcio ha 430 milioni di neuroni nella corteccia, e un gatto appena 250 milioni. «I cani hanno il necessario per superare i gatti quanto a capacità cognitive», afferma Suzana Herculano-Houzel, neuroanatomista alla Vanderbilt University. Soprendentemente, non sempre altre specie di carnivori con una corteccia cerebrale più grande hanno più neuroni. Per identificare e contare queste cellule, Herculano-Houzel – in collaborazione con Débora Jardim-Messeder e altri colleghi – ha liquefatto la corteccia in un frullatore da laboratorio. Il risultato ha l'aspetto di un succo di mela non filtrato, spiega la neuroanatomista. Gli scienziati hanno aggiunto, mescolandola, una molecola sonda che si attacca esclusivamente ai nuclei di neuroni del brodo e ignora altri tipi di cellule cerebrali. Hanno così imparato che la corteccia del procione è paragonabile per dimensioni a quella del gatto, pur avendo un numero quasi doppio di neuroni: un risultato che non stupirà i padroni di casa che si dannano per tenere quelle creature mascherate alla larga dai bidoni della spazzatura.

A quanto risulta, poi, gli orsi hanno un cervello molto piccolo: il loro numero di neuroni è paragonabile a quello del gatto, ma in una corteccia 10 volte più grande. Un modesto numero di neuroni sembra un modello ricorrente nei grandi carnivori, compresi i leoni. Una possibile ragione è che i grandi animali hanno bisogno di molta energia, di cui i neuroni sono divoratori. Queste cellule richiedono molte sostanze nutritive, ed è quindi «prevedibile che gli animali abbiano il numero minimo di neuroni necessari, perché questi hanno un costo elevato», spiega l'antropologo Evan Maclean, direttore del Canine Cognition Center all'Università dell'Arizona. Se un corpo muscoloso può aiutare un animale a sopravvivere, potrebbe non avere bisogno di altrettanta energia cerebrale.

Quanto a cani e gatti, commenta Maclean, il conteggio dei neuroni corticali potrebbe non significare che uno di loro si può definire «più intelligente», poiché i processi cognitivi possono assumere molte forme e coinvolgere altre regioni cerebrali. Vi sono prove, osserva, che i cani conservano l'informazione più a lungo dei gatti, e questo potrebbe essere legato alla capacità corticale. Herculano-Houzel, che ha due cani e ha visto confermate le sue conclusioni da padroni di gatti, tiene a sottolineare che «dovremmo amare i nostri animali indipendentemente dal numero di neuroni della loro corteccia». ■

Josh Fishman è senior editor *di «Scientific American».*

Confronto di neuroni

Una corteccia cerebrale – o un corpo – più grande non è sempre sinonimo di un numero maggiore di queste cellule

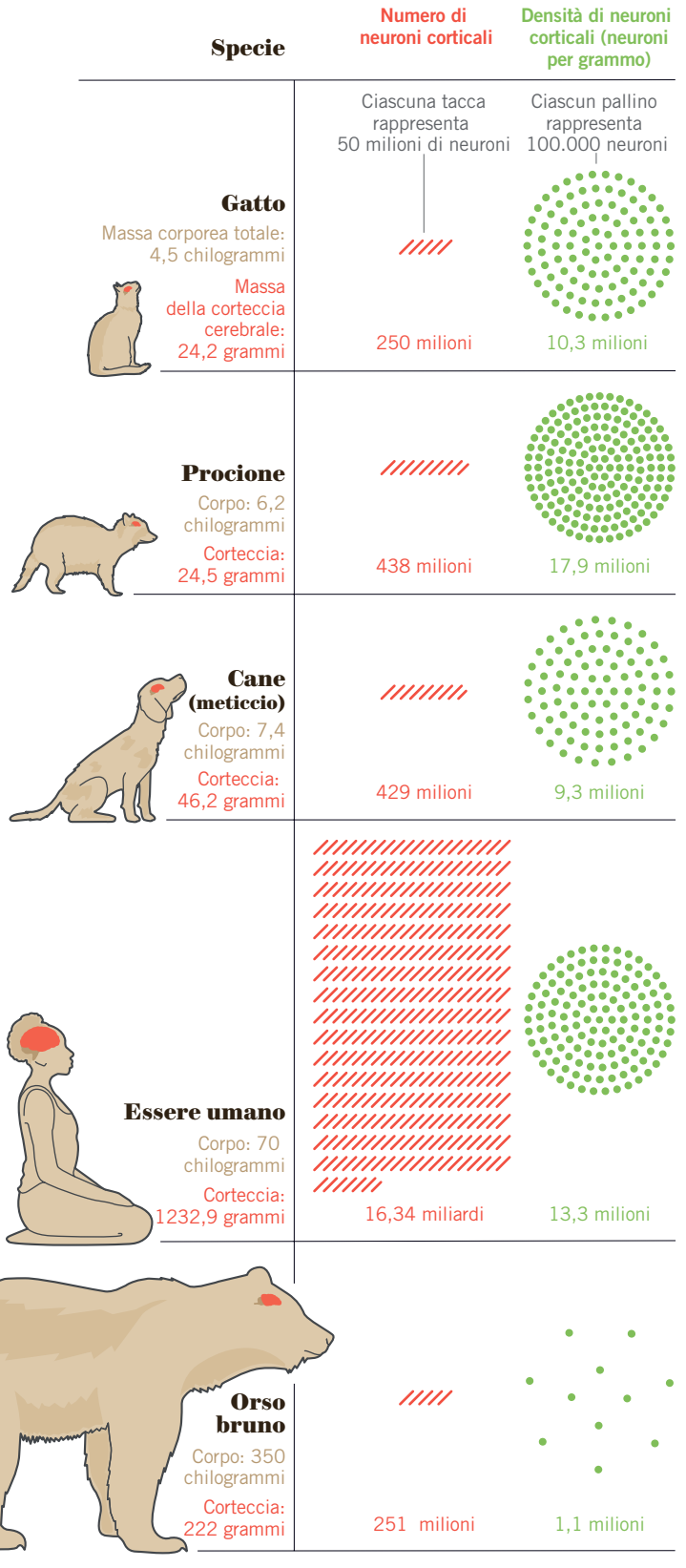


Illustrazione di Lucy Reading-Ikkanda; Getty Images (*cane e gatto, foto*); Fonte: *Dogs Have the Most Neurons, Though Not the Largest Brain: Trade-Off between Body Mass and Number of Neurons in The Cerebral Cortex of Large Carnivoran Species*, di Débora Jardim-Messeder e altri, in «Frontiers in Neuroanatomy», Vol. 11, articolo n. 118, pubblicato on line, 12 dicembre 2017

Click, bugie e videotape

L'intelligenza artificiale sta mettendo alla portata di tutti la possibilità di manipolare audio e video. Il rischio più grande è che la gente non creda più a nulla

di Brooke Borel

Lo scorso aprile, su Internet è apparso un nuovo video di Barack Obama. Il filmato mostrava sullo sfondo la bandiera degli Stati Uniti e quella presidenziale e sembrava simile a tanti dei suoi discorsi precedenti. In giacca scura e camicia immacolata, Obama guardava dritto nella telecamera sottolineando le sue parole con le mani tese in avanti: «Il presidente Trump è uno stronzo fatto e finito».

E proseguiva, senza l'ombra di un sorriso. «Ora, vedete, io non direi mai una cosa del genere. Almeno non in un discorso pubblico. Ma qualcun altro sì». L'immagine sullo schermo si divideva in due parti e rivelava l'attore Jordan Peele. Obama non aveva detto niente: il prodotto univa il video vero di un discorso di Obama all'audio interpretato da Peele. Il messaggio andava avanti con le due immagini fianco a fianco mentre Peele, come un ventriloquo digitale, continuava a mettere parole in bocca all'ex presidente.

In quest'era di fake news, il video era un messaggio di pubblica utilità prodotto da BuzzFeed News che metteva in luce la possibile applicazione di una nuova tecnologia di intelligenza artificiale (IA) che potrebbe significare per l'audio e il video ciò che Photoshop ha rappresentato per le immagini digitali: la possibilità di manipolare la realtà.

I risultati sono ancora abbastanza rudimentali. Se si guarda e si ascolta bene, la voce di Obama è un po' nasale e per qualche istante la sua bocca, fusa con quella di Peele, finisce fuori posto. Ma questa tecnologia in rapida evoluzione, pensata per i montatori cinematografici di Hollywood e i progettisti di videogiochi, getta lunghe ombre nella mente di alcuni esperti di sicurezza e studiosi di comunicazione. Forse la prossima generazione di questi strumenti renderà possibile la creazione di falsi convincenti a partire da zero, senza bisogno di modificare video esistenti, come nel discorso di Obama, ma creando scene che non sono mai avvenute.

Le conseguenze sulle informazioni disponibili all'opinione pubblica e sul dibattito pubblico potrebbero essere profonde. Immaginiamo per esempio l'impatto che potrebbe avere un video falso che rovinasse la reputazione di un politico durante una competizione elettorale a due in cui tra i contendenti c'è uno scarso distacco. Oppure che cosa succederebbe se un altro falso video attaccasse l'amministratore delegato di una società la sera prima di un'offerta pubblica di acquisto. Un gruppo potrebbe mettere in scena un falso attacco terroristico e far sì che sia ripreso dai mezzi di comunicazione, innescando una risposta militare immediata e impulsiva. E anche se poi si rivelasse che un certo video virale era falso, la gente smetterebbe di credere che era vero? Ma c'è una prospettiva anche peggiore: che cosa succederebbe se l'idea stes-

IN BREVE

Il rapido sviluppo di nuove tecnologie di intelligenza artificiale consente di produrre automaticamente video e audio falsi. Alcuni esperti temono che la diffusione di informazioni false attraverso i social media abbia effetti profondi sul dibattito pubblico e sulla stabilità politica.

Gli esperti di informatica stanno elaborando strumenti di rilevamento basati sull'IA che segnalano i video falsi, ma sono sempre un passo indietro rispetto alle possibilità di creare contenuti manipolati. Intanto, gli esperti di scienze sociali fanno notare che controllare i falsi a posteriori non è una soluzione sufficiente.

Le fake news in forma scritta sono state un fattore di disturbo nelle elezioni del 2016 negli Stati Uniti. La ricerca indica che i video falsi potrebbero essere particolarmente efficaci nell'alimentare la paura, un'emozione che rafforza i contenuti virali. Uno dei motivi di preoccupazione è che tutto ciò finisce per erodere la fiducia in tutti i mezzi di comunicazione, anche quelli che propongono contenuti veri.

Illustrazione di Taylor Callery

Brooke Borel è giornalista e autrice del libro *The Chicago Guide to Fact-Checking*. Recentemente ha fatto una gara di verifica delle fonti contro un sistema di IA e ha vinto con un margine preoccupante.

sa della pervasività di notizie e video falsi ci facesse smettere di credere a gran parte di ciò che vediamo e sentiamo, comprese le notizie vere?

Molti esperti riconoscono il rischio di un abuso indiscriminato di queste tecnologie. Ma mentre si fissano su «soluzioni accattivanti per smentirle e diffondere la verità, dedicano pochissimo tempo a capire se tutto ciò ha qualche effetto sulle convinzioni della gente riguardo alla validità dei video fake», afferma Nate Persily, professore di diritto alla Stanford University. Tra le altre cose, Persily studia il modo in cui Internet influenza la democrazia e fa parte di un numero sempre maggiore di esperti che sostengono che la diffusione virale della disinformazione non si può fermare soltanto con soluzioni tecniche. Servirà il contributo di psicologi, esperti di scienze sociali e di comunicazione per aiutare a capire come la tecnologia sarà accolta nel mondo reale.

«Dobbiamo farlo subito – sostiene Persily – perché adesso, per forza di cose, sono i tecnologi a guidare la discussione» su che cosa è possibile fare con i video generati con la IA. La nostra fiducia in istituzioni democratiche come il governo e il giornalismo sta già scemando. Oggi che i social media sono un canale di distribuzione dominante per le informazioni, per i creatori di fake news è ancora più facile sfruttarci. E in assenza di una strategia unitaria per affrontare una tecnologia sempre più sofisticata, la nostra fragile fiducia collettiva è ancora più a rischio.

Inizi innocui

Gli inizi del percorso che porta ai video falsi risalgono agli anni sessanta, quando furono create le prime CGI, le immagini generate al computer. Negli anni ottanta questo genere di effetti speciali si è affermato definitivamente e da allora la tecnologia si è evoluta dai film di fantascienza e Forrest Gump che stringeva la mano a John Kennedy nel 1994 fino alla resurrezione di Peter Cushing e Carrie Fisher in *Rogue One*. L'obiettivo è sempre stato «creare un mondo digitale in cui fosse possibile raccontare qualsiasi storia», afferma Hao Li, professore assistente alla cattedra di informatica alla University of Southern California e amministratore delegato di Pinscreen, una startup che si occupa di realtà aumentata. «Come facciamo a creare qualcosa che sembri reale, ma dove in realtà tutto è virtuale?».

All'inizio buona parte della grafica era prodotta da artisti che usavano i computer per generare un modello tridimensionale e poi lo decoravano a mano con texture e altri dettagli, un processo lento, che era impossibile riprodurre su larga scala. Una ventina di anni fa, alcuni studiosi di *computer vision* iniziarono a pensare alla grafica in modo diverso: anziché sprecare tempo sui singoli modelli, perché non insegnare ai computer a crearli a partire dai dati? Nel 1997 gli scienziati della Interval Research Corporation di Palo Alto, in California, svilupparono Video Rewrite, un software che tagliava filmati esistenti e li rimontava. E fecero un video di JFK che diceva «Non ho mai incontrato Forrest Gump». Poco tempo dopo i ricercatori del Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik di Tubinga, in Germania, insegnarono a un computer a estrarre elementi da un insieme di 200 scansioni 3D di volti per crearne uno nuovo.

Più di recente, il passo avanti più significativo nella relazione tra computer vision, dati e automazione è probabilmente avvenuto nel 2012, con i progressi di un tipo di IA chiamato *deep learning*, o apprendimento profondo. A differenza dei lavori degli anni novanta, che usavano dati statici e non miglioravano mai, il deep learning si adatta e si perfeziona nel tempo. Questa tecnica riduce gli oggetti, per esempio un volto, a pacchetti di dati, spiega Xiaochang Li, del Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte di Berlino: «Ora gli ingegneri dicono: non vogliamo più creare modelli delle cose. Costruiremo modelli di ciò che non sappiamo di una cosa e faremo girare i dati per coglierne i pattern».

Il deep learning usa strati di semplici formule matematiche chiamati reti neurali, che migliorano via via le proprie capacità di svolgere un compito. Per esempio è possibile insegnare a un programma di deep learning a riconoscere i volti umani mostrandogli centinaia o migliaia di fotografie e dicendo in pratica ogni volta «questo è un volto» o «questo non è un volto». Alla fine, incontrando una persona nuova, il programma sarà in grado di riconoscere gli elementi che compongono i lineamenti umani e di affermare, su base statistica, che «anche questo è un volto».

Poi è arrivata la capacità di creare volti che sembrassero veri usando strumenti di deep learning chiamati reti generative. La logica è la stessa: gli esperti addestrano le reti con centinaia o migliaia di immagini, ma stavolta la rete segue gli elementi ricavati dagli esempi per creare un volto nuovo. Oggi alcune aziende stanno applicando lo stesso principio ai suoni. Quest'anno Google ha presentato Duplex, un assistente virtuale alimentato da IA basato su un software chiamato WaveNet, che può fare una telefonata passando per una persona vera, con tanto di tic verbali come «ehm» e «ah». In futuro, il video fake di un politico potrebbe non aver più bisogno di appoggiarsi all'imitazione di attori come Peele. Nell'aprile 2017 Lyrebird, una start-up canadese, ha pubblicato campioni di audio con voci tanto simili a quelle di Obama, Trump e Hillary Clinton da essere inquietanti.

Ma per addestrare le reti generative servono enormi quantità di dati, il che può richiedere una notevole quantità di lavoro umano. Il passo successivo per migliorare i contenuti virtuali è stato insegnare alle IA ad addestrarsi da sole. Nel 2014 alcuni ricercatori dell'Università di Montreal hanno fatto esattamente questo con una rete antagonista generativa o GAN (dall'inglese *generative adversarial network*), che mette due reti neurali a conversare tra loro. La prima rete è un generatore, che crea immagini false; la seconda è un discriminatore, che impara a distinguere tra vero e falso. Praticamente senza supervisione umana, le reti si addestrano a vicenda mettendosi in competizione: il discriminatore spinge il generatore a creare falsi sempre più realistici, e il generatore continua a cercare di ingannarlo. Le GAN possono creare ogni genere di cose. All'Università della California a Berkeley, alcuni ri-

1

2

La tecnologia sviluppata inizialmente per creare scene virtuali nei film (1) è cresciuta fino a diventare uno strumento che si può usare per fare video falsi (2) allo scopo di diffondere disinformazione.

Fotogramma tratto da Forrest Gump, Paramount Pictures, 1994 (1); fotogramma tratto da You Won't Believe What Obama Says In This Video!, Monkeypaw Productions e Buzzfeed, 17 aprile 2018 (2)

cercatori ne hanno costruita una che può trasformare immagini di cavalli in quelle di zebre, o dipinti impressionisti come quelli di Monet in scene ben definite e con un realismo di tipo fotografico.

Poi, lo scorso maggio, ricercatori del Max-Planck-Institut für Informatik di Saarbrücken, in Germania, e alcuni loro colleghi, hanno presentato un «deep video» che usa un tipo di GAN e permette a un attore di controllare la bocca, gli occhi e i movimenti del volto di un'altra persona in un video preregistrato. Per il momento il deep video funziona solo in modalità ritratto, cioè quando una persona guarda direttamente la telecamera. Se l'attore si muove troppo, il video che ne risulta contiene manipolazioni digitali evidenti, per esempio pixel sfumati attorno al volto.

Le reti GAN non sono ancora capaci di produrre scene video complesse indistinguibili da quelle catturate in un filmato vero, e a volte producono risultati bizzarri, come una persona con un bulbo oculare che le spunta dalla fronte. Ma a febbraio i ricercatori della NVIDIA hanno trovato un modo per far sì che le GAN creino volti con una risoluzione incredibilmente alta, iniziando l'addestramento con fotografie relativamente piccole e poi aumentando la risoluzione un po' alla volta. E il gruppo di Hao Li alla University of Southern California ha usato le GAN per ottenere immagini realistiche di pelle, denti e bocche, tutte cose notoriamente difficili da ricostruire digitalmente.

Nessuna di queste tecnologie è facile da usare per i non esperti, ma l'esperimento di BuzzFeed mostra quello che potrebbe essere il nostro futuro. Il video è stato generato con un programma gratuito chiamato FakeApp, che usa il deep learning ma non le reti GAN. I video così prodotti sono chiamati *deepfake*, una sincrasi di «deep learning» e «fake», e devono il nome a un utente del sito web Reddit, uno dei primi ad adottare il sistema e a usare questa tecnologia per inserire i volti di personaggi famosi in filmati porno. Da allora i dilettanti di tutto il Web hanno usato FakeApp per creare innumerevoli video, per la maggior parte abbastanza innocui, per esempio aggiungendo l'attore Nicolas Cage in una serie di film nei quali non ha recitato o incollando il volto di Trump sul corpo della cancelliera tedesca Angela Merkel. Più sinistre sono le implicazioni: adesso che la tecnologia è stata democratizzata, potrebbe usarla praticamente chiunque abbia un computer.

Condizioni per fake news

Gli esperti temono già da tempo che il tipo di montaggi consentito dai computer possa rovinare la realtà. Già nel 2000 un articolo pubblicato su «MIT Technology Review» e dedicato a prodotti come Video Rewrite avvertiva che «non basta più vedere per credere» e che un'immagine apparsa «al telegiornale della sera potrebbe anche essere un falso, una creazione delle nuove velocissime tecnologie di manipolazione dei video». Diciotto anni più tardi, non sembra che i video fake abbiano inondato i telegiornali. Produrne uno di qualità davvero buona è ancora difficile, e soprattutto non è alla portata di tutti. BuzzFeed ci ha messo 56 ore a creare il video di Obama, con l'aiuto di un montatore cinematografico professionista.

Il modo in cui consumiamo le informazioni, però, è cambiato. Oggi solo circa metà degli statunitensi adulti segue le notizie in televisione, mentre due terzi ricevono almeno una parte di informazione dai social media, secondo il Pew Research Center. Internet ha permesso il proliferare di fonti di notizie che si rivolgono a un pubblico di nicchia, tra cui siti web estremamente faziosi che alimentano intenzionalmente la rabbia senza lasciarsi limitare dagli standard tradizionali del giornalismo. Il Web premia contenuti virali che possiamo condividere più rapidamente che mai, afferma Persily. E sui piccoli schermi dei cellulari i difetti dei video fake sono meno visibili che sulla tv del soggiorno.

La questione centrale è che cosa succederebbe se diventasse virale un video deepfake con implicazioni sociali o politiche di rilievo. Dato che si tratta di una frontiera così nuova e ancora po-

co studiata, la risposta semplice è che non lo sappiamo, afferma Julie Carpenter, ricercatrice che studia l'interazione uomo-robot presso l'Ethics + Emerging Sciences Group, con sede alla California State Polytechnic University a San Luis Obispo. Ma potremmo scoprirlo prestissimo, dato che sono molte le elezioni importanti in arrivo a livello internazionale.

Abbiamo già assistito alle conseguenze negative dell'incontro tra connettività e disinformazione. Le fake news, testi inventati scritti per assomigliare a veri contenuti giornalistici e diventare virali, sono state ampiamente discusse in occasione delle elezioni presidenziali del 2016 negli Stati Uniti.

Secondo una ricerca condotta in collaborazione tra la Princeton University, il Dartmouth College e l'Università di Exeter, nel Regno Unito, circa uno statunitense su quattro ha visitato un sito di fake news nelle cinque settimane tra il 7 ottobre e il 14 novembre 2016, soprattutto partendo dal proprio profilo Facebook. Per di più, il 2016 ha rappresentato un punto particolarmente basso nella fiducia del pubblico nel giornalismo: secondo una stima, appena il 51 per cento dei democratici e il 14 per cento dei repubblicani sosteneva di avere fiducia nei mezzi di comunicazione.

La ricerca sulle fake news scritte è ancora limitata, ma alcuni studi indicano che vedere un'informazione falsa una sola volta è sufficiente per farla apparire plausibile in seguito, come spiega Gordon Pennycook, professore associato alla cattedra di comportamento organizzativo dell'Università di Regina, nel Saskatchewan, in Canada. Il motivo non è chiaro, ma potrebbe dipendere dalla «fluidità», afferma Pennycook, o dalla «facilità con cui elaboriamo l'informazione». Se sentiamo Obama che si riferisce a Trump usando una parolaccia e in seguito vediamo un altro falso in cui Obama chiama Trump con epiteti osceni, siamo pronti a credere che sia reale perché ci è familiare.

«È un gioco in cui non possiamo vincere. Possiamo solo renderlo sempre più difficile da giocare per i cattivi». Alexei Efros, Università della California a Berkeley

Secondo uno studio del Massachusetts Institute of Technology, che ha seguito 126.000 storie su Twitter tra il 2006 e il 2017, siamo anche più portati a condividere le notizie false che quelle vere, e in particolar modo le notizie false che riguardano la politica, che si diffondono di più e più rapidamente rispetto a quelle sul denaro, sui disastri naturali o sul terrorismo. Lo studio suggeriva che la gente desideri qualcosa di nuovo.

In generale, le fake news fanno leva sulle nostre emozioni e sulla nostra identità personale, spingendoci a reagire prima di aver avuto la possibilità di elaborare l'informazione e di decidere se valga abbastanza da diffonderla. Più un contenuto ci sorprende, ci spaventa o ci fa arrabbiare, più siamo portati a condividerlo.

Indizi inquietanti suggeriscono che il video sia particolarmente adatto ad alimentare la paura. «Quando si elabora un'informazione visiva, la si ritiene più vicina a sé in termini di spazio, tempo o gruppo sociale», spiega Elinor Amit, professore associato alla cattedra di scienze cognitive, linguistiche e psicologiche alla Brown University, il cui lavoro punta a scoprire le differenze nei modi in cui ci relazioniamo al testo e alle immagini. Amit ipotizza che si tratti di una distinzione di origine evolutiva: lo sviluppo del sistema visivo è venuto prima del linguaggio scritto, e per scoprire i pericoli immediati ci affidiamo di più ai sensi.

In effetti i falsi video hanno già colpito qualche campagna politica. A luglio Allie Beth Stuckey, conduttrice televisiva di «Conservative Review», ha pubblicato su Facebook un'intervista con Alexandria Ocasio-Cortez, candidata democratica per la città di New York al Congresso degli Stati Uniti. Non si trattava di un video deepfake, ma di un rimontaggio all'antica, che mescolava un'intervista vera a domande nuove, in modo da far sembrare abborracciate le risposte di Ocasio-Cortez.

A seconda delle convinzioni politiche dello spettatore, il video poteva essere interpretato come un caso di diffamazione oppure, come Stuckey avrebbe affermato in seguito per difendersi, come satira. In ogni caso, nel giro di una settimana contava 3,4 milioni di visualizzazioni e più di 5000 commenti. Alcuni spettatori sembravano convinti che Ocasio-Cortez avesse fatto un pasticcio durante un'intervista vera. «Oddio! Non sa che rispondere, né come», scriveva uno. «Che stupida».

Anche il fatto che tutto questo sia preoccupante fa parte del problema. Il nostro cupo rimuginare può fare più male alla società dei video in sé. Per esempio i politici, se fossero filmati mentre fanno davvero qualcosa di male, potrebbero seminare il dubbio affermando che si tratta di video contraffatti. Sapere che è possibile produrre falsi convincenti potrebbe erodere la nostra fiducia in tutti i mezzi di comunicazione, sostiene Raymond J. Pingree, professore associato di comunicazione di massa alla Louisiana State University. Pingree studia quanto la gente ha fiducia nella propria capacità di distinguere ciò che è vero da ciò che non lo è e quanto ciò influisca sulla disponibilità a partecipare al processo politico. Quando un individuo perde quella fiducia, si lascia ingannare più facilmente da bugiardi e imbroglioni, sostiene, e «questo può far sì che la gente smetta di voler cercare la verità».

Una partita a rimpiattino

Per un esperto di informatica, spesso la soluzione a un problema è semplicemente una maggiore quantità di informatica. Anche se i problemi in questione sono molto più complessi dei bachi nel codice, nel settore si ritiene che si possano creare algoritmi in grado di rilevare i falsi.

«Sicuramente contro questo problema si possono fare progressi dal punto di vista tecnico», sostiene R. David Edelman, della Internet Policy Research Initiative del MIT. Edelman, che è stato consigliere tecnico di Obama alla Casa Bianca, è rimasto impressionato dai video falsi dell'ex presidente. «Io lo conosco, ho scritto discorsi per lui. E non saprei distinguere tra il video vero e quello falso», afferma. Ma mentre lui può essere ingannato, continua Edelman, un algoritmo potrebbe accorgersi di «tic rivelatori e firme digitali» invisibili all'occhio umano.

Finora le soluzioni si dividono in due categorie. Una punta a dimostrare che un video è vero integrandovi una firma digitale, simile ai complessi sigilli, ologrammi e altri elementi usati per impedire il lavoro dei falsari di banconote. Ogni telecamera digitale avrebbe una firma unica, teoricamente difficile da copiare.

La seconda strategia prevede di segnalare automaticamente i

video fake per mezzo di strumenti di rilevamento. Il programma che più spinge per la creazione di strumenti del genere è sviluppato dalla Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), si chiama Media Forensics, o MediFor, ed è partito nel 2015, non molto tempo dopo che un canale televisivo russo aveva trasmesso immagini satellitari false di un aereo da caccia ucraino che abbatteva il volo Malaysia Airlines 17. In seguito, un gruppo di investigatori internazionali avrebbe determinato che in realtà l'aereo era stato abbattuto da un missile russo. Quelle immagini satellitari non erano state generate con il deep learning, ma la DARPA ha visto la rivoluzione in arrivo e ha deciso di cercare un modo per combatterla, come spiega David Doermann, ex direttore di progetto di MediFor.

MediFor segue tre approcci generali, che si possono automatizzare con il deep learning. Il primo esamina l'impronta digitale informatica di un video alla ricerca di anomalie, il secondo si accerta che il video segua le leggi della fisica, per esempio che la luce del Sole cada esattamente come avverrebbe nel mondo reale, e il terzo controlla dati esterni, come le condizioni meteo nel giorno in cui si dice che il video sia stato filmato. La DARPA intende unire questi sistemi di rilevamento in un unico strumento che esprimerà con un punteggio la probabilità che un video sia falso.

Queste strategie possono limitare il volume dei falsi, ma la realtà sarà ancora quella di una partita a rimpiattino, con i falsari impegnati a imitare le filigrane digitali o a costruire strumenti di deep learning per ingannare i sistemi di rilevamento. «È un gioco in cui non possiamo vincere», ammette Alexei Efros, professore di informatica e ingegneria elettrica all'Università della California a Berkeley, che collabora con MediFor. «Possiamo solo renderlo sempre più difficile da giocare per i cattivi».

In fin dei conti, Facebook è stato progettato perché gli utenti continuino a consumare e a diffondere i contenuti, preferendo ciò che è popolare a ciò che è vero

E comunque ci vorranno decenni prima che questi strumenti siano pronti, spiega Hany Farid, professore di informatica al Dartmouth College. Dato che la qualità dei video falsi continua ad aumentare, l'unica soluzione tecnica esistente è affidarsi a esperti di scienza digitale forense come Farid, che afferma: «In tutto il mondo, le persone con cui si può parlare di questo argomento si contano letteralmente sulle dita di una mano. Io sono una di quelle persone. Non posso competere con Internet».

Salvare la realtà

Anche se alla fine ciascuno di noi potrà usare sistemi di rilevamento per analizzare Internet, ci sarà sempre uno sfasamento tra bugie e verità. Questa è una delle ragioni per cui fermare la diffusione di video falsi è una sfida per il settore dei social media. «È tanto un problema di distribuzione quanto un problema di creazione», afferma Edelman. «Se un video deepfake cade nella foresta, nessuno lo sente a meno che Twitter e Facebook non facciano da cassa di risonanza».

Quando si parla di contenere la diffusione virale di informazioni false, non è chiaro quali siano gli obblighi di legge per le aziende che gestiscono i social media né se sia possibile regolamentare il settore senza calpestare la libertà di parola.

Alla fine Mark Zuckerberg, l'amministratore delegato e fondatore di Facebook, ha ammesso che in qualche modo la sua piattaforma ha contribuito alla diffusione di fake news, anche se ci sono voluti più di dieci mesi dalle elezioni del 2016 prima che facesse questa ammissione. Facebook, in fin dei conti, è stato progettato perché gli utenti continuino a consumare e a diffondere contenuti, preferendo ciò che è popolare a ciò che è vero. Con i suoi oltre due miliardi di utenti attivi al mese, è una vera e propria polveriera per chi vuole far deflagrare una storia falsa perfetta per farne infuriare i fruitori.

Successivamente Zuckerberg ha promesso di prendere provvedimenti. Ha scaricato parte del lavoro sugli utenti, chiedendo loro di classificare le fonti di informazione in base alla loro affidabilità (cosa che alcuni hanno interpretato come un modo per il portale di evitare le proprie responsabilità), e ha intenzione di usare la IA per segnalare le informazioni tendenziose. Per quanto riguarda i dettagli, l'azienda ha tenuto la bocca cucita. Alcuni esperti di informatica esprimono dubbi sull'approccio IA: come Farid, secondo il quale le promesse sono «spettacolarmente ingenue». Pochi ricercatori indipendenti hanno potuto studiare il modo in cui le fake news si diffondono su Facebook, perché gran parte dei dati rilevanti sono secretati.

In ogni caso, nemmeno tutti gli algoritmi e i dati del mondo ci salveranno dalle campagne di disinformazione se gli esperti che creano la tecnologia per produrre video falsi non si confrontano con il modo in cui i loro prodotti saranno usati e abusati quando escono dal laboratorio. «Questa – afferma Persily – è la mia richiesta: che gli studiosi di scienze esatte che fanno questo lavoro siano affiancati da psicologi, esperti di scienze politiche ed specialisti di comunicazione, che studiano questi argomenti da tempo». Finora questo genere di collaborazione è raro.

Lo scorso marzo, tuttavia, il Center for Artificial Intelligence della Finalndia ha annunciato un programma che inviterà psicologi, filosofi, esperti di etica e altri ad aiutare chi fa ricerca sulla IA a capire le implicazioni sociali più ampie del proprio lavoro. E in aprile Persily e Gary King, ricercatore di scienze politiche alla Harvard University, hanno lanciato la Social Data Initiative, un progetto che per la prima volta permetterà agli esperti di scienze sociali di avere accesso ai dati di Facebook, così che possano studiare il diffondersi delle informazioni false.

Con un vuoto di responsabilità agli alti livelli, l'onere di scoprire ed eliminare i video falsi ricade sui giornalisti e sui cittadini investigatori. Verso la fine del video fake di Obama e Peele, i due uomini dicono: «Andando avanti, dobbiamo essere più attenti a quello a cui crediamo su Internet. In questo momento storico dobbiamo affidarci a fonti di informazione affidabili». Quel video sarà anche stato un falso, ma diceva la verità. ■

PER APPROFONDIRE

The Science of Fake News, Lazer D.M.J., e altri, in «Science», Vol. 359, pp. 1094-1096, 9 marzo 2018.

Why Do People Share Fake News? A Sociotechnical Model of Media Effects, Marwick A.E., in «Georgetown Law Technology Review», Vol. 2, n. 2, pp. 474-512, 2018.

CAMBIAMENTO CLIMATICO

Sott’

Le comunità costiere che cercano di adattarsi all’aumento del livello dei mari stanno cominciando a fare una scelta un tempo impensabile: ritirarsi di fronte all’avanzata delle acque

acqua

di Jen Schwartz

Sulle rive della Delaware Bay, nel New Jersey, i resti di una casa attendono la demolizione. Il terreno sarà convertito in uno spazio aperto.

Jen Schwartz, *senior editor* di «Scientific American», si occupa di temi all'intersezione tra scienza e società.

La cantina di Monique Coleman sapeva ancora di salmastro quando arrivò l'ordine di evacuazione. Appena due giorni dopo il passaggio del super uragano Sandy nella regione centrale atlantica degli Stati Uniti, con inondazioni di gravità senza precedenti nella striscia di terra più popolata del paese, il governatore del New Jersey aveva promesso che entro l'estate avrebbe riportato la sabbia sulle spiagge.

A lei, che viveva non su una delle tipiche isolette che orlano la costa ma in una piana alluvionale suburbana esposta ai flussi delle maree e tagliata in due dalle 12 corsie di un'autostrada interstatale, l'idea di «ricostruire e rinforzare» non è mai sembrata convincente. Certo, Sandy era stato presentato come un uragano *monstre*, di quelli che arrivano una volta ogni cinque secoli, carico per di più di decine di centimetri di neve. Ma per Coleman e per molti degli abitanti della municipalità di Watson-Crampton, a Woodbridge, era la terza volta che si ritrovavano la casa inondata nel giro di tre anni. E sotto i ripetuti assalti della pressione idrodinamica le prime fondamenta avevano già ceduto.

Mentre gli evacuati rientravano nelle loro case per tornare a vedersela con idrovore e muffe, Coleman aveva cominciato a chiedersi che fare. Woodbridge si trova nel punto più stretto del New Jersey, dove una rete di fiumi e ruscelli si scarica nella Raritan Bay e poi nell'Oceano Atlantico. Venne a sapere che non sarebbe arrivato il Genio Militare a costruire dighe o chiuse: c'era stata da poco una valutazione della zona, ed era poco probabile che venisse protetta con strutture così costose. Spinta dai precedenti uragani, Coleman aveva già studiato la storia ecologica della municipalità, vecchia di quasi 350 anni, scoprendo che certe parti del quartiere, come vari altri tratti dell'intera regione, erano state costruite agli inizi del XX secolo su bassi terreni paludosi rialzati con terra di riporto di scarsa qualità drenante. Quando approfondì la ricerca, il quadro si ampliò: «Ho cominciato a capire che in un certo senso eravamo tutti vittime del sistema, perché vivevamo in un quartiere che non avrebbe mai dovuto essere costruito», dice.

Pur essendo assicurata contro le inondazioni – cosa necessaria per ottenere il mutuo – Coleman sapeva che presto il premio ì sarebbe salito; e temeva che il valore della proprietà, intanto, sarebbe sceso. A lei e a suo marito la casa, in stile coloniale anteguerra, era piaciuta; e la cosa migliore era il costo contenuto, fatto raro così vicino a New York. Che quella dove andava ad abitare fosse una «zona a speciale rischio di inondazione» l'aveva scoperto solo leggendo le ultime carte, ad acquisto quasi concluso, nel 2006. Si era preoccupata, ma il suo consulente, ricorda, aveva liquidato la questione dicendo che per come stavano andando le cose tutto il New Jersey sarebbe diventato diventato presto una zona a rischio alluvione. Il che poteva anche essere vero, come esercizio intellettuale di previsione teorica, ma nel caso specifico era gravemente fuorviante. Spinta dal disperato bisogno di portar via la famiglia da una zona di Newark dove stava crescendo l'attività degli spacciatori, Coleman aveva firmato il contratto, barattando un tipo di rischio con un altro.

Per quattro anni, lo stagno quasi in fondo alla strada era stato un pregio del suo quartiere e un posto dove mandare a giocare i suoi tre figli. Poi, nel 2010, i canali di drenaggio che cingono il quartiere furono sopraffatti da una tempesta di nord-est. E poi dall'uragano Irene nel 2011. E poi ancora da Sandy nel 2012.

Quando cominciarono ad arrivare nel New Jersey i primi fondi federali per la ricostruzione dopo Sandy, Coleman venne a sapere che poteva chiedere una sovvenzione per rialzare la casa. Però sembrava sciocco mettere la casa su pilastri se poi la macchina e la strada restavano giù. Già con Irene aveva visto di persona che cosa succede in un'inondazione dovuta a un uragano: «Arriva l'onda di marea e l'acqua invade tutta la zona, ci mette un attimo», dice. «E la strada diventa un fiume nel fiume». Se «ricostruzione integrale» nel gergo della legge sulla risposta ai disastri significava costruire come prima e nello stesso posto, per lei non andava bene. Il suo livello di stress schizzava in su ogni volta che pioveva quando c'era l'alta marea. Non si sentiva al sicuro, né dal punto di vista fisico né da quello finanziario.

Parlando dei rispettivi guai con una vicina, Coleman seppe che c'era un programma, chiamato Blue Acres, le cui premesse le parvero molto sensate. Invece di finanziare un'altra ricostruzione, lo Stato avrebbe rilevato la sua proprietà più volte inondata, a prezzo pre-uragano; poi la casa, e ogni altro segno di occupazione umana, sarebbero stati demoliti. La proprietà sarebbe passata allo Stato, e vincolata in perpetuo.

Rispetto al vendere la sua casa, la faccenda sembrava piuttosto complicata. Ma anche ammesso di trovare un'acquirente privato, poteva in tutta onestà passare una simile vulnerabilità a qualcun altro? «Tutti noi che viviamo in zone ad alto rischio di inondazione siamo le ultime vittime di qualcuno che, prima o poi, ha approfittato della situazione», dice Coleman. «Quello era un modo di mettere fine al ciclo».

Impopolare, ma inevitabile

Ritirarsi, abbandonare la costa, sia in teoria che in pratica, non è un'idea popolare. Perché la gente dovrebbe lasciare la propria comunità, a meno di essere del tutto senza alternative? Per gli addetti alla protezione civile, ritirarsi è una forma di mitigazione dei danni da inondazione. Per gli ecologisti, di ripristino ambientale. Per

IN BREVE

Con l'aumento del livello del mare, alcune comunità costiere devono affrontare un futuro di inondazioni, sia ricorrenti che estreme. Battere in ritirata – cioè allontanare in via permanente persone e cose dalle coste – è una soluzione radicale ma in certi luoghi inevitabile.

Anche se ben gestita, la ritirata è confusa e dolorosa; e i tentativi sono ancora rari. In una cittadina del New Jersey si sta provando, in via sperimentale, a trasferire un gruppo di persone in luoghi più sicuri e convertire i terreni dove abitavano in un'area di sfogo per le piene, a difesa del resto della comunità.

Ridurre le incertezze su quando e da dove bisognerà andarsene potrà richiedere la collaborazione di geofisici, sociologi, economisti e molti altri. E fattori sociali, politici ed economici complicano ulteriormente le cose.

La rinascita. Il luogo dove sorgeva la casa di Monique Coleman oggi è pieno di alberelli appena piantati. Lo stesso trattamento attende l'abitazione a sinistra.

chi pianifica la resilienza, di adattamento al cambiamento climatico. Tutti concordano però nel dire che ritirarsi significa ammettere la sconfitta: che l'acqua ha vinto e l'uomo ha perso. «Le istituzioni politiche statunitensi, la nostra stessa mitologia nazionale, mal si adattano all'indeterminatezza e all'elasticità della natura», scriveva quasi vent'anni fa la giornalista Cornelia Dean in un libro intitolato *Against the Tide*. «Pare quasi anti-americano ammettere [...] che siamo noi a doverci adattare all'oceano e non viceversa».

Qualche occasionale esperimento di ritirata negli Stati Uniti è stato fatto, su scala assai ridotta, proponendo il riacquisto, su base volontaria, delle proprietà di famiglie vittime di inondazioni. Raramente con risultati promettenti. «Riacquistare case e terreni privati è estremamente costoso, provoca pesanti sconvolgimenti, e molti dei tentativi non sono finiti bene», dice Craig Fugate, ex amministratore della FEMA, l'agenzia federale per le emergenze. Impaurisce i cittadini di ogni colore politico, evocando speculazione edilizia, progetti razzisti di trasferimento di popolazioni, guerre di classe e, a seconda delle ideologie, prepotenza o abbandono da parte del governo federale. Data la necessità di coordinare politici, proprietari delle case, avvocati, ingegneri, banche, assicuratori e pubblici funzionari di ogni livello, sono iniziative estremamente complicate da organizzare, anche male. Nei casi peggiori, riacquistare i terreni sconvolge i sistemi di supporto della comunità, rafforza le diseguaglianze e si lascia alle spalle una scacchiera di lotti in rovina. Nel migliore dei casi, evita tutto questo ma comunque manda via la gente da casa sua.

Eppure, chiunque dia un'occhiata a una mappa previsionale della crescita del livello del mare può vedere che ritirarsi dai quartieri delle zone costiere più basse interessate dalle maree sarà, almeno in una certa misura, inevitabile. Per quanto si possano tagliare le emissioni di gas serra, e per quanto lo si possa fare in fretta, il cambiamento climatico sta già provocando effetti che è impossibile invertire. Nel giro di qualche decennio, man mano che l'acqua del mare salirà regolarmente a bloccare le strade, avvelenare le aree umide, sconvolgere le reti energetiche, sommergere le spiagge più frequentate, minare le fondamenta delle case e fare di normali temporali minacciose inondazioni, le sacche più vulnerabili dei centri abitati costieri diverranno inabitabili. Come ha detto la National Oceanic and Atmospheric Administration, «dove oggi arrivano le inondazioni domani arriverà l'alta marea».

I programmi di riacquisto delle proprietà immobiliari, tuttavia, finora non sono stati concepiti come adattamento al cambiamento climatico. Sono stati condotti quasi soltanto in comunità rivierasche fluviali delle zone rurali interne; gente che viveva troppo vicino alle zone golenali del Mississippi e del Red River, per esempio, è stata spostata un po' più in là. Il governo ha cominciato a promuovere il riacquisto dei terreni in risposta ai disastri naturali solo dagli anni novanta, e da allora si è fatto qualcosa soltanto come sporadica risposta agli uragani. Le agenzie federali coinvolte sono parecchie, ma nessuna se n'è assunta la responsabilità, e perciò, dice Alex Greer, esperto di scienze dei disastri alla Oklahoma State University, «è sorprendente fino a che punto si debbano inventare le soluzioni strada facendo».

Fino a poco fa, ritirarsi dalle coste era una cosa quasi impensabile. Tutto è cambiato con Sandy, che ha reso evidente che l'aumento dei livelli dei mari non è più un problema astratto e futuro di chissà quali luoghi remoti ma significa, concretamente, metropolitane sott'acqua e luna park in balia dei flutti. Ci ha dato una dimostrazione e un assaggio di quelle che potranno essere le inondazioni future come nessuna valutazione probabilistica avrebbe mai potuto fare. I leader politici degli Stati di New York e del New Jersey, colto il cambiamento del vento, si sono resi conto che par-

Fotografie di Grants Delin

lare di ricostruzione non bastava: bisognava parlare anche di resilienza, la nuova parola d'ordine emergente in tema di preparazione ai disastri.

Anche gli ambientalisti hanno cominciato a riconoscere che non potevano più limitarsi al problema delle emissioni di gas serra. Dice Rob Moore, direttore esecutivo degli Environmental Advocates di New York nel 2012: «Non volevamo parlare di adattamento, perché ci pareva di distogliere l'attenzione dalla mitigazione del cambiamento climatico, ma Sandy ci ha costretto a farlo». Qualche mese dopo Moore è passato a un incarico per il Natural Resources Defence Council (NRDC) su come il paese può affrontare l'aumento del livello dei mari. Data l'urgenza per la società di capire come sta accelerando la risalita del mare, i climatologi hanno migliorato le proiezioni. «Adesso geofisici ed esperti dell'atmosfera si parlano, e parlano con economisti e sociologi», dice Robert R. Kopp, direttore dell'Institute of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences della Rutgers University, e uno dei principali autori di alcuni dei più importanti rapporti sul clima. Questo approccio interdisciplinare ci ha dato previsioni localizzate: invece di avere un unico numero – la media globale – ora sappiamo che la crescita del livello dei mari sarà significativamente diversa da zona a zona.

Con l'aggravarsi delle inondazioni saranno probabilmente costruite alcune grandi dighe di contenimento a difesa di centri economicamente importanti e densamente popolati, come la parte meridionale dell'isola di Manhattan. Ma il denaro e il tempo disponibili per chiudersi in recinti di cemento sono limitati. Chi abita in posti come Tangier Island, in Virginia, e Isle de Jean Charles, in Louisiana, e altrove nel mondo intero, dal Bangladesh alle Maldive, al Senegal, ha di fronte la stessa realtà di Monique Coleman e dei suoi vicini di Woodbridge: per loro non ci saranno dighe, e le inondazioni ci sono già.

Uno sviluppo non sostenibile

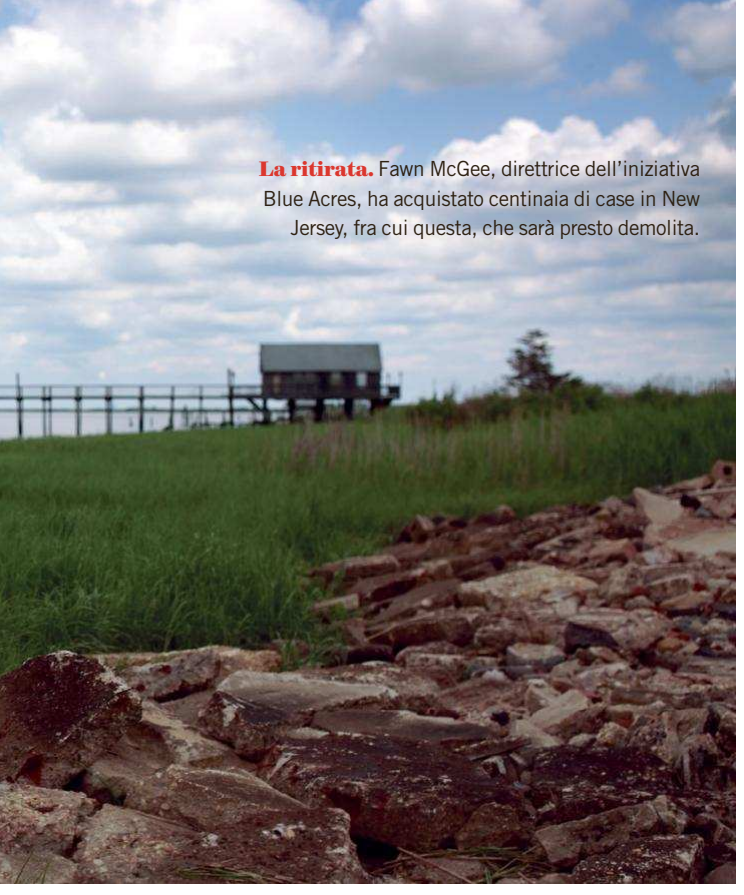
La responsabile del programma di acquisizioni fondiarie del New Jersey si afferra le mani arrivando a Baypoint, una lingua di spiaggia che sta scomparendo nella Delaware Bay. Questo è il primo sito in cui lo Stato ha riacquistato terreni prospicienti la spiaggia, un successo di Fawn McGee, conseguito a gran fatica. La maggior parte delle 31 proprietà qui acquisite sono state demolite recentemente, ma alcune erano già distrutte da un pezzo, ridotte a pali scoloriti riutilizzati dai falchi pescatori per farci il nido. «Ha un sapore agrodolce», dice McGee . «Può essere bello esser riusciti a ricomprare tante case, e adesso recupereremo il territorio, ma che siano dovuti andare via è una sofferenza».

Per quel che riguarda lo sviluppo edilizio non sostenibile dei litorali, negli Stati Uniti il New Jersey ha l'onore di essere stato il primo, e il peggiore. È qui che le spiagge battute dalle tempeste, temute ed evitate fino all'età industriale, sono state rilanciate come ideali per le vacanze estive. Già a metà dell'Ottocento Atlantic City e Cape May erano mete turistiche dove sfuggire alla mortificante calura e alle malattie infettive di Philadelphia. Anche il popolo dei Lenape, molto prima, faceva migrazioni stagionali verso la costa; però ci veniva a pescare, senza invadere gli arenili con un'armata di alberghi e di moli. Per stabilizzare i quali il New Jersey è stato il primo Stato a cercare di strappare alla natura il controllo dei flussi dei sedimenti costieri con dighe, scogliere e frangiflutti: oggi praticamente non c'è parte della sua linea di costa che sia rimasta indenne dagli interventi umani. Non stupisce che il primo speculatore che vide il segno del dollaro nella striscia sabbiosa che poi sarebbe diventata Miami Beach venisse dal New Jersey.

Per le comunità con cui lavora McGee, la ritirata dalla costa è passata nel giro di circa un decennio da strategia di ultima istanza a ultima possibilità rimasta, sotto la spinta del cambiamento climatico. Ma la ragione per cui oggi la gente è nei guai è stata anzitutto l'incontrollata presunzione dell'ingegneria costiera, unita alle generali tendenze umane ad amare l'acqua e ignorare il futuro. Una grossa spinta allo sviluppo edilizio delle coste è venuta dallo Stato nel 1968, con l'istituzione del National Flood Insurance Program: un tipico caso di «azzardo morale», che ha consentito ai proprietari delle case di costruire e ricostruire più e più volte in aree a rischio tenendo artificialmente bassi i premi assicurativi. In cinquant'anni, il programma ha accumulato debiti a carico dei contribuenti americani per almeno 36,5 miliardi di dollari, e insieme ha di fatto bloccato lì dove si trovava gente che magari avrebbe preferito andarsene a quote più elevate, spiega Moore dell'NRDC.

I sistemi costieri, legati alle maree, sono sempre dinamici e a volte instabili; e più ci sforziamo di imbrigliarli meno diventano stabili. Negli anni sessanta, quando si scoprì che le spiagge difese da strutture rigide si erodevano in realtà più in fetta e si riprendevano più lentamente di quelle lasciate a se stesse, il Genio Militare cominciò a dragare sabbia dalla piattaforma continentale per il ripascimento della costa. Ma la prima tempesta che arrivava si portava via la sabbia, e così si ricominciava a dragare. Oggi tutta la fascia costiera orientale dipende dalla fatica di Sisifo del ciclo di ripascimento. Con la rapida accelerazione della risalita dei mari, le cittadine costiere chiedono sempre più disperatamente altra sabbia, che bisogna andare a prendere sempre più al largo. I geologi avvertono che stiamo esaurendo i sedimenti utilizzabili più in fretta di quanto il pianeta possa sostituirli. In Florida, i proprietari ricchi rubano già la sabbia delle spiagge pubbliche per ricostituire le proprie spiagge private.

Dopo aver inaugurato un velleitario sviluppo edilizio delle coste, ora il New Jersey è fra i primi a farsi carico delle conseguenze. Ventitré anni fa il Dipartimento per la protezione ambientale



La ritirata. Fawn McGee, direttrice dell'iniziativa Blue Acres, ha acquistato centinaia di case in New Jersey, fra cui questa, che sarà presto demolita.

dello Stato (NJDEP) ha lanciato il programma Blue Acres, che usa fondi statali per riacquistare qua e là qualche casa costantemente soggetta a inondazioni. McGee, oggi a capo del programma, è stata la prima usare fondi federali della FEMA per fare di Blue Acres una delle pochissime strutture permanenti dedicate al riacquisto di terreni in risposta alla risalita del mare di tutto il paese; neppure Florida e Louisiana ne hanno una. I tre grandi obiettivi, dice McGee, sono trasferire in via permanente persone e immobili in luoghi non a rischio, aprire i terreni al pubblico e ripristinare un'ecologia naturale, in modo che i suoli possano assorbire l'acqua, mitigando i rischi per il resto della comunità.

Le complicazioni del riacquisto

Dopo il super uragano Sandy, McGee ha dato la priorità ai casi in cui era possibile riacquistare interi gruppi di abitazioni vicine più che case singole. In questo modo, infatti, si ottengono spazi aperti abbastanza vasti da avere un reale impatto sulla gestione delle inondazioni. Ha quindi cercato luoghi in cui ci fossero abbastanza proprietari interessati, ma anche un'amministrazione locale disposta a rinunciare a parte degli introiti delle tasse sugli immobili. La partecipazione dei proprietari è volontaria, con la possibilità di ritirarsi in qualsiasi momento fino alla firma del contratto finale; e ciò vuol dire che ogni famiglia delle zone interessate deve prendere una decisione profondamente propria, scegliere se tagliare o no le proprie radici, alla luce sia delle scelte dei vicini sia degli orientamenti per il futuro di tutta la comunità.

L'anno prima di Sandy, dopo l'uragano Irene, McGee ha cercato di realizzare la sua prima iniziativa di riacquisto su larga scala. Non è stato un successo. «Sulla carta, il riacquisto delle proprietà sembra sensato, ma in pratica non è così», dice Greer, lo scienziato che studia i disastri. McGee ha approfondito i motivi per cui il processo si disarticolava e si bloccava, rendendo pressoché impossibile per chiunque arrivare a una decisione. C'era voluto un anno per mettere insieme i finanziamenti, lasciando i disperati proprietari nell'incertezza. C'era chi aveva un mutuo residuo più alto del valore della proprietà, il che lo escludeva dal programma. O chi non poteva permettersi un'abitazione temporanea in attesa della risposta. Quando il ricordo del disastro, come sempre, cominciò a sbiadire, molti optarono per le solite soluzioni, disponibili subito: ricostruire o rialzare. «Ho capito che era molto di più di una semplice compravendita», dice McGee. Allora ha incaricato il suo minuscolo gruppo di collaboratori di prepararsi ad affrontare le difficoltà collaterali. «Quando siamo stati colpiti da Sandy e sono arrivati i fondi federali, eravamo pronti», dice.

La sua proposta di riacquisto a blocchi significava però introdurre una novità in un momento in cui il New Jersey lavorava sull'urgenza: l'amministrazione statale voleva che la ripresa fosse il più possibile rapida. «Penso che mi abbiano visto come un personaggio scomodo, perché proponevo di andare oltre una visione in bianco e nero», dice. McGee sosteneva che bisognava spezzare il ciclo delle frettolose ricostruzioni in zone dove l'acqua sarebbe sicuramente tornata a salire. Dopo varie riunioni e rassicurazioni sulla sua capacità di muoversi nella burocrazia, McGee ha convinto lo Stato ad approvare il suo piano.

Subito dopo ha chiesto in prestito 33 dipendenti di altri settori del NJDEP. «Accanto ai miei del GIS [Geographical Information's System] ho imbarcato quattro esperti legali, sei direttori di progetto per redigere le richieste di sovvenzione e trattare con gli uffici federali e otto assistenti sociali per orientare le famiglie lungo tutto il percorso», dice. «E poi esperti del catasto. Periti. Geometri. Ragionieri. Abbiamo dovuto mettere contabili a spulciare scontrini e ricevute conservati dai proprietari in scatole da scarpe e scartare quelli per cose come merendine, acqua, divani...». Ogni volta che un intoppo minacciava di bloccare un riacquisto, McGee si è trovata a ricoprire nuovi ruoli imprevisti. Ha fatto da terapeuta alle vittime dell'uragano alle prese con traumi, malattie e divorzi. Quando ha capito che molte case valevano meno dei mutui residui a carico dei proprietari ha facilitato una serie di vendite a stralcio, con condono di oltre 5,4 milioni di dollari di debiti, riuscendo così ad acquisire 67 proprietà in più. Quando i problemi superavano le sue possibilità, li ha passati a operatori specializzati. «Gli accumulatori seriali! Ammassano di tutto finché non riescono più, letteralmente, a uscire di casa», dice. «Abbiamo dovuto chiamare degli specialisti per aiutarli a staccarsi da tutta quella roba».

La cosa più importante è che McGee ha intuito che queste decisioni coinvolgono profondamente la comunità. Capendo che spesso le varie opzioni sarebbero state vagliate in incontri tra vicini davanti a una bottiglia di vino, ha assegnato i vari casi ai suoi assistenti in base ai gruppi sociali. Gli studi sui casi di riacquisto mostrano che le considerazioni individuali hanno un ruolo limitato nel far sì che una famiglia se ne vada o rimanga dov'era. «Risulta insomma che nella decisione di aderire alla proposta di riacquisto era più importante il modo in cui gli abitanti percepivano la propria comunità più ampia che non quello in cui avevano vissuto Sandy, o le caratteristiche personali o familiari», ha scritto con i suoi colleghi Sherri Borkopp Binder, esperta in rilocazioni post-disastro, in uno studio apparso nel 2015 su «American Journal of Community Psychology». McGee ha visto che il sostegno di base di alcuni degli abitanti poteva fare la differenza tra un valido programma di riacquisto e un bidone.

Dopo Sandy, Monique Coleman non ci ha messo molto a decidere che voleva il riacquisto. A quel punto si trattava di convincere i vicini e la municipalità. McGee ricorda di averla conosciuta a Woodbridge nel 2013, in un affollatissimo incontro di presenta-

Le inondazioni prossime venture

Quando si pensa all'aumento del livello dei mari, la prima cosa che viene in mente sono le spiagge – sottili ambienti sabbiosi visibilmente esposti all'innalzamento delle acque e alla furia delle onde. La costa atlantica per cui è famoso il New Jersey, fatta in gran parte di una barriera di isole stabilizzate artificialmente, è però esposta alle maree in 20 delle 21 contee dello Stato. Con il mare che in questo secolo accelererà la risalita, le inondazioni dovute alle maree si faranno più frequenti, e più estreme quelle causate dagli uragani, con sconvolgimenti economici, ambientali e sociali delle comunità costiere di ogni tipo, dalle zone umide della baia alle isole di barriera e ai sobborghi urbani. Non sono problemi per un'altra generazione: secondo un rapporto del giugno 2018 della Union of Concerned Scientists, nel New Jersey ci sono 250.000 abitazioni, per un valore immobiliare stimato in 108 miliardi di dollari, per cui il rischio di inondazioni diventerà cronico nei prossimi trent'anni.

Viste da lontano

Queste mappe mostrano quali aree saranno probabilmente inondate dall'alta marea nel 2050 e nel 2100. Tagliare rigorosamente le emissioni o continuare a inquinare influenza poco le proiezioni al 2050: gli effetti già prodotti non sono reversibili (ma le scelte di oggi faranno una grossa differenza sulla risalita dei mari dopo il 2050). Un altro fattore importante per il New Jersey è la subsidenza dei suoli: il terreno sprofonderà di 12 centimetri entro il 2050. Rispetto al livello base del 2000 – media delle alte maree tra il 1991 e il 2000 – la costa del New Jersey vedrà salire il mare, probabilmente di 30-55 centimetri entro il 2050, secondo le ricerche di Robert E. Kopp, climatologo della Rutgers University, e colleghi. La mediana delle proiezioni – il livello che ha il 50 per cento di probabilità di essere raggiunto o superato – è che l'alta marea oltrepasserà di 43 centimetri quella di base del 2000 nel giro di trent'anni.

Livello del mare nel New Jersey – Proiezioni

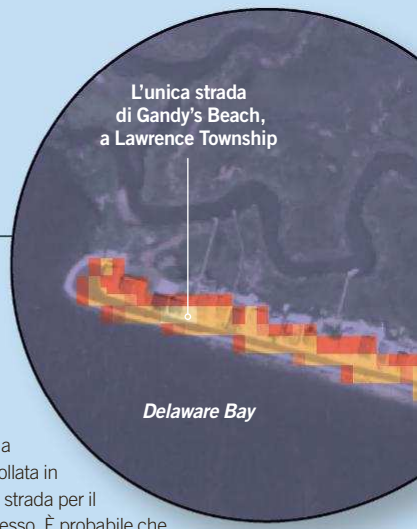
2050
- 43 centimetri di aumento del livello del mare (emissioni alte, «business as usual»)

2100
- Emissioni ridotte; Antartide più stabile
- Emissioni ridotte; Antartide meno stabile
- Emissioni alte; Antartide più stabile
- Emissioni alte; Antartide meno stabile

New Jersey

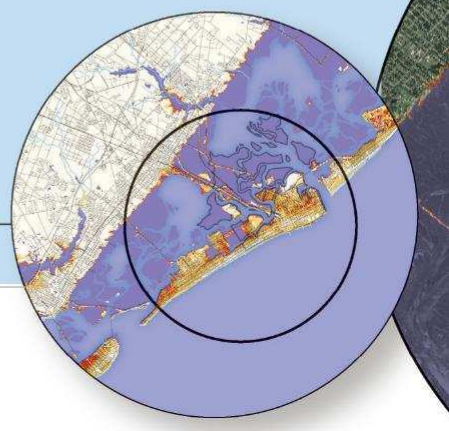
Su scala locale

Guardando più da vicino, tutta una gamma di minacce per il futuro prossimo diventa chiara. Case costantemente inondate. Strade d'accesso costiere interrotte a ogni alta marea. possibile scomparsa di spiagge frequentate dai turisti e zone umide protettive. E il livello dell'acqua, già più alto, crescerà ancora con la Luna piena, i temporali, le tempeste di nord-est e gli uragani tropicali. «La ricerca guarda sempre di più al rischio di inondazioni posto dall'interazione dei vari fattori, e non solo all'aumento del livello del mare», dice Bryan Jones, un geografo che costruisce modelli delle migrazioni dovute al clima.



Le zone umide della baia.

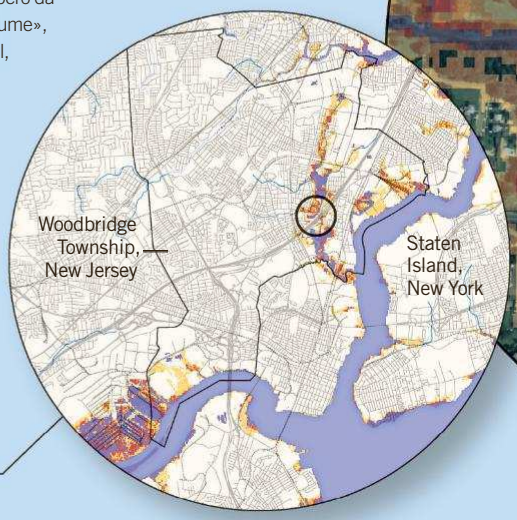
A Gandy's Beach c'è un'unica fila di case su pilastri: sotto alcune di esse, oggi, c'è acqua in permanenza. Nel maggio 2018 una parte della strada che corre lungo l'isola è crollata in mare, e con l'alta marea la strada per il continente si bagna già adesso. È probabile che molte zone umide costiere della regione medio-atlantica non resisteranno all'aumento del livello del mare di un centimetro all'anno che potrebbe verificarsi qui tra il 2030 e il 2040. La perdita di queste aree di sfogo naturali priva le comunità di una delle più valide difese dalle inondazioni dovute alle tempeste e alle maree.

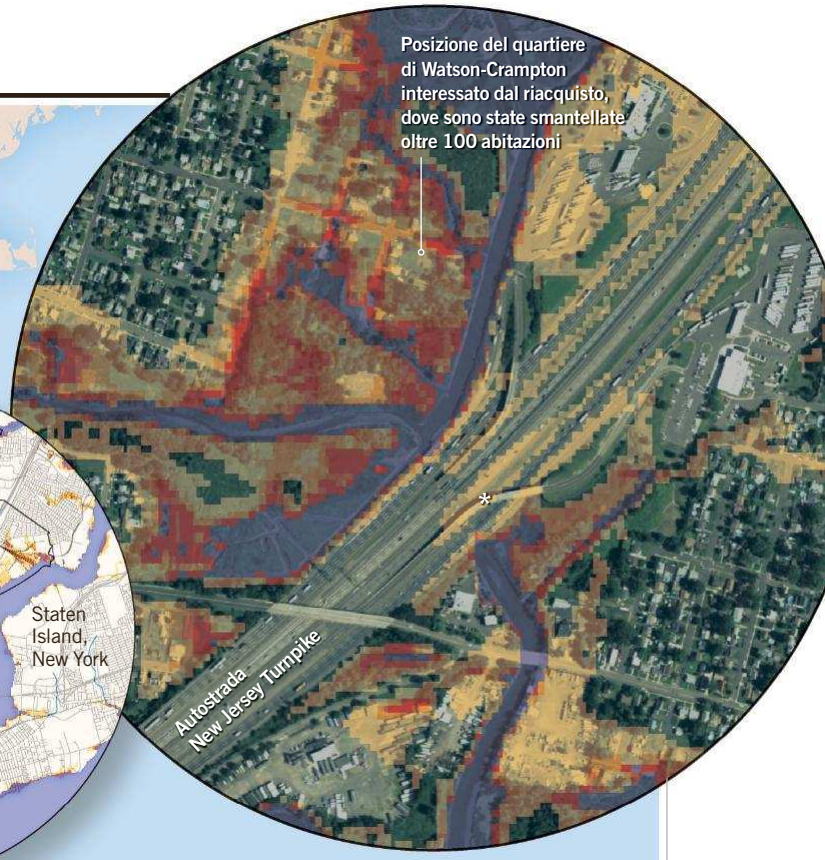


Fonti: Climate CentraL (*mappe base delle inondazioni*) e Robert E. Kopp e altri. Evolving understanding of antarctic ice-sheet physics and ambiguity in probabilistic sea-level projections. «Earth's Future», vol. 5, N. 12; Dicembre 2017 (*proiezioni dei livelli del mare*); Robert E. Kopp (*altezza delle inondazioni*); dipartimento dell'agricoltura degli Stati Uniti (*immagini satellitari di sfondo*)

Piana alluvionale urbana

Le aree residenziali densamente edificate come Woodbridge sono particolarmente vulnerabili all'ingrossarsi delle vie d'acqua aperte alle maree. «Quando coincidono piene dei fiumi, forti precipitazioni e ondate di marea sospinte dalle tempeste, spesso le regioni costiere subiscono inondazioni di gran lunga più gravi di quelle che provocherebbero da sole le tempeste o le piena del fiume», dice l'oceanografo Thomas Wahl, il cui lavoro sulle inondazioni multifattoriali è stato pubblicato su «Nature Climate Change» nel 2015.

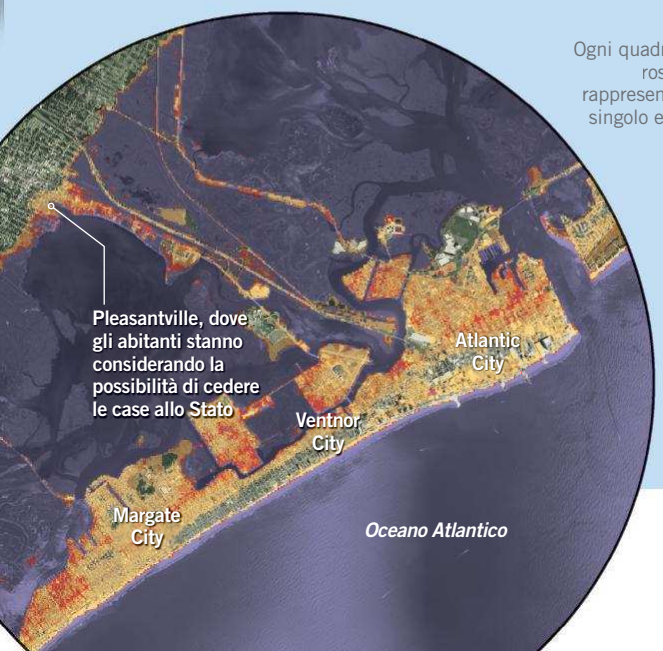




* Le mappe possono sopravvalutare il rischio legato alle inondazioni nelle zone in cui le strutture sono sopraelevate rispetto al suolo.

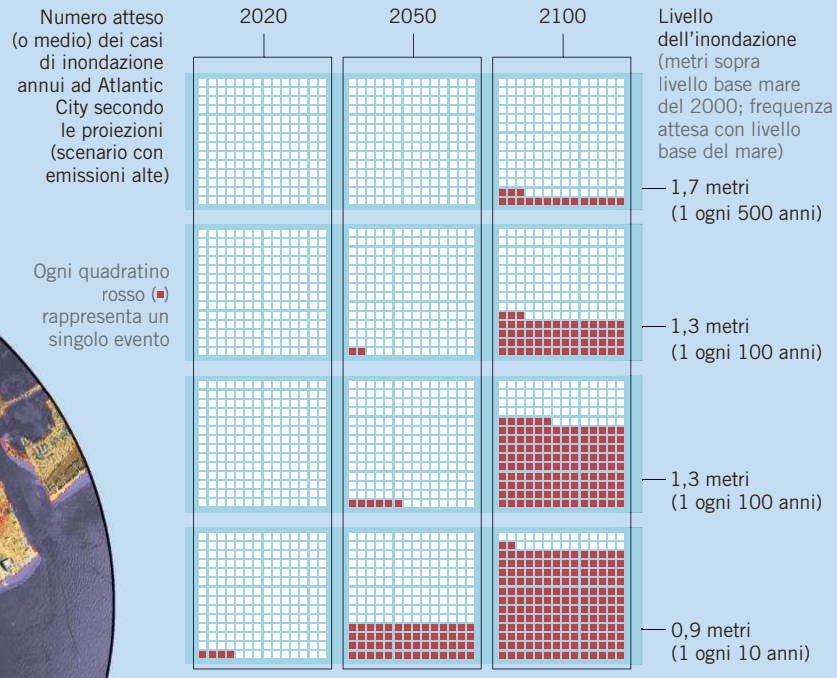
Isole di barriera

Molto prima che popolari località balneari come Atlantic City, Ventnor City e Margate City (*in basso*) vengano sommerse permanentemente, il cambiamento climatico le minerà in altri modi. «Per la maggior parte della gente il bello della spiaggia è proprio la sabbia», dice Craig Fugate, già a capo della FEMA. Quando fra le costruzioni e il bagnasciuga mancherà letteralmente lo spazio per sdraiarsi al sole, i prezzi delle case precipiteranno? E il centro abitato, senza spiagge e sabbia, avrà ancora, economicamente, una ragion d'essere? «La domanda per la costa del New Jersey è: cominciamo a pensare di rinunciare alla prima fila di case, negozi e strade per rifare una spiaggia?», chiede Fugate. «O dovremo salire sopra una diga e camminare direttamente nel mare?»



Oltre l'aumento del livello del mare: un futuro di inondazioni regolari

Le mappe mostrano le proiezioni delle aree che in futuro subiranno inondazioni in via permanente, dove cioè le normali alte maree sommergeranno terreni oggi all'asciutto. Ma anche se un palazzo o un terreno non si bagnerà ogni giorno non vuol dire che viverci o lavorarci sarà desiderabile, o anche solo possibile. Le aree allagate dalle maree si amplieranno, perché il livello base del mare sarà più alto. E, quando arriveranno le tempeste, ondate di marea e moto ondoso saranno più distruttivi e arriveranno più lontano. Il diagramma qui sotto presenta le proiezioni sull'aumento del numero annuo degli eventi di inondazione di varie altezze ad Atlantic City con la crescita del livello base del mare.



Carta geografica di Mapping Specialist; grafica di Jen Christiansen

zione di Blue Acres. «La gente mi stava a sentire, ma poi guardava Monique per capire se andava bene», racconta McGee. «C'è sempre la polizia a questi incontri perché la gente si scalda molto, ma Monique aveva un effetto calmante sui vicini. Era stupefacente».

Coleman conosce l'attivismo di base fin da bambina. Andava con la nonna alle riunioni del Movimento di liberazione dei neri, e il padre la portava con sé nei suoi giri porta a porta quando era candidato al Consiglio comunale. Oggi insegna a bambini non vedenti, quindi in un certo senso il suo mestiere è aiutare gli altri ad adattarsi a difficoltà inconsuete. Quando ha cominciato, insieme a qualcun altro, a parlare con i vicini delle strade adiacenti alla fine del 2012, si aspettava di incontrare resistenze. «Non si può proporre quest'idea, sentirsi dire il solito no, rispondere: "ok, capisco", e finirla lì», dice Coleman. Che ha fondato un blog e un gruppo su Facebook, e organizzato assemblee a cadenza mensile. C'erano molte voci da ascoltare, in un momento in cui il trauma di Sandy era fresco e la gente era sopraffatta delle scelte quotidiane imposte dalla ricostruzione.

Blue Acres è stato indicato come un possibile modello per l'evoluzione della ritirata dalle coste. Roy Wright, già a capo del settore «resilienza» della FEMA, ha definito «magistrale» l'approccio del New Jersey al riacquisto. Ma in tutti gli incontri e le discussioni con i sindaci e i residenti McGee non ha mai potuto richiamarsi, nei termini che adoperava e nei dati che citava, al cambiamento climatico. Fino al gennaio 2018, sotto l'amministrazione del Governatore Chris Christie, «quelle parole non le dovevo dire», racconta McGee.

Così, Coleman si è presa lei stessa l'onere di «capire come stavano le cose in termini scientifici». Quando ha cominciato a cercare in rete dati sull'impatto dei cambiamenti climatici, nel 2012, non ha trovato granché di specifico per la sua zona, non c'era ancora. Ma quel che ha trovato è bastato a convincerla che la serie di inondazioni di Woodbridge non era un colpo di sfortuna, ma il segno di una nuova realtà. Allora ha scritto e distribuito un volantino che elencava 12 ragioni per cui la vita nelle zone soggette a inondazione non sarebbe stata sostenibile in un futuro di cambiamento del clima.

La complessità e l'ambivalenza dell'idea di ritirata servono a ricordarci che non esistono soluzioni realmente facili

Alla fine qualcuno dei vicini ha smesso di chiuderle la porta in faccia quando si presentava a parlare di cedere le proprietà allo Stato e ha cominciato a farle qualche domanda. E Coleman è stata paziente ma perseverante. «È davvero duro, per la gente, accettare che questa cosa sta succedendo davvero», dice. Lei spiegava che comunque la girasse non riusciva a trovare una buona strada per andare avanti. Andarsene via, definitivamente, era semplicemente la cosa meno onerosa. «Non si sa quando arriverà un'altra inondazione», diceva ai vicini. «Ma arriverà».

L'incognita della calotta antartica

I modelli realizzati dagli scienziati per prevedere come influirà la crescita del livello dei mari sulle inondazioni future sono diventati assai raffinati, e combinano fattori globali come l'espansione termica degli oceani e fattori locali come subsidenza dei terreni e variazioni nell'attrazione gravitazionale della terraferma sugli oceani circostanti. Rimangono però grosse incertezze. Intanto, non sappiamo quanto nettamente e rapidamente le nostre società taglieranno le emissioni di gas serra. Per alcuni decenni però certi effetti si verificheranno a prescindere da quanto potremo mitigare o meno il cambiamento climatico. Kopp, della Rutgers University, uno dei massimi climatologi, dice che probabilmente nel New Jersey il mare salirà di 30-55 centimetri entro il 2050. Anche con i valori più bassi, la vita sulla costa cambierà di molto. Dopo il 2050 la risalita accelera ancora, ma il quadro si fa opaco: l'intervallo stimato dalla NOAA per il New Jersey va da 0,9 a 3,7 metri. Per un sindaco che cerca di escogitare una strategia di adattamento, l'incertezza è troppa. «Il cambiamento climatico tratta di probabilità, ma la gente vuole dei sì e dei no», dice Graham Worthy, direttore del National Center for Integrated Coastal Research.

Tolto il fattore umano, la massima incognita per il destino delle comunità costiere del New Jersey, e altrove, riguarda la stabilità della calotta glaciale antartica occidentale. Il tasso di perdita di ghiaccio dell'intera Antartide è triplicato nel decennio scorso, e la sua parte occidentale, particolarmente sensibile alle forze del cambiamento climatico, è uno dei luoghi della Terra che stanno cambiando più in fretta. La calotta antartica occidentale è così voluminosa che se subirà un collasso catastrofico alzerà, da sola, il livello dei mari di altri 3 metri – uno scenario che si potrebbe evitare solo con drastici tagli alle emissioni nel prossimo decennio, secondo un rapporto comparso su «Nature» nel giugno 2018.

I satelliti della NASA raccolgono dati su questa e altre calotte glaciali da più di quarant'anni. I satelliti non hanno rivali nel raccogliere informazioni con continuità su grandi aree ma non arrivano a cogliere i dettagli che renderebbero possibile una previsione meno incerta sul destino della calotta glaciale. Fra questi indizi vi sono lo spessore dei ghiacci, l'andamento della linea in cui la base dei ghiacciaio incontra il mare e la pendenza della calotta glaciale, che è ciò che spinge il ghiaccio dalle regioni interne del continente fino all'oceano, dice Kenneth Jezek, glaciologo e ricercatore polare in pensione. Per la sua pura e semplice estensione, e la sua posizione remota, studiare l'Antartide occidentale da vicino è un incubo logistico pieno di pericoli.

Uno dei progetti di esplorazione, una missione aerea della NASA chiamata Operation IceBridge, è riuscito a ottenere alcuni di questi dettagli sorvolando il territorio con un jet di linea riadattato. A meno di 500 metri di altezza gli scienziati a bordo di questo laboratorio volante possono vedere che la superficie della calotta glaciale è screziata dai segni dei movimenti in corso, come crepacci di forma geometrica, il lattiginoso colore ceruleo del ghiaccio antico esposto alla luce solare e pianure percorse da linee di frattura che fanno pensare al fondo di un lago prosciugato dalla siccità. Sanno che questi segni sono incisi da venti catabatici che spirano sopra la superficie e fiumi invisibili sotto di essa; ma sono le creste di rocce nerastre a suggerire la tormentata topografia sottostante : un mondo nascosto che IceBridge ha largamente mappato nell'ultimo decennio.

Per capire che cosa sta succedendo sotto la superficie ghiacciata, i piloti la sorvolano lungo rotte precise mentre una sonda radar trasmette dati allo schermo di un computer a bordo, rivelando vallate e intere catene montuose. Un gravimetro coglie profondità e dimensioni delle cavità glaciali riempite d'acqua marina che indicano come le banchise galleggianti starebbero fondendo per le interazioni con l'oceano. Lungo i bordi estremi dei ghiacciai galleggiano gli iceberg sul Mare di Amundsen, fotografato ogni due secondi dalle due fotocamere ventrali dell'aereo. IceBridge ha

Il ritorno. Man mano che si demoliscono le case, Thomas Flynn, Brooke Maslo e Jeremiah Bergstrom lavorano al ripristino delle zone umide di Woodbridge, nel New Jersey.

volato lungo queste rotte, anno dopo anno, registrandone i mutamenti con un dettaglio senza precedenti. In tempi in cui la necessità dello studio del pianeta è sotto attacco da parte del potere politico, «intendo sottolineare con la massima forza che non stiamo raccogliendo questi dati per curiosità scientifica», dice John Sontag, scienziato della missione IceBridge. «Li raccogliamo per cercare di allertare e difendere le nostre comunità dai cambiamenti del livello dei mari cui stanno per essere soggette».

Man mano che i dati grezzi raccolti da IceBridge, dai satelliti e da progetti analoghi venivano ripresi in lavori scientifici e rapporti come il National Climate Assessment del 2017, sono nati nuovi strumenti. Il Digital Coast and Climate Central's Surging Seas del NOAA, per esempio, consente ai pianificatori urbanistici di cominciare a prevedere come l'aumento del livello dei mari influirà sulle inondazioni nelle aree di loro competenza.

I dati raccolti da IceBridge sono risultati essenziali per colmare fondamentali lacune nella conoscenza dei ghiacci polari «ma c'è ancora tanto da fare in Antartide», dice Eric Rignot, dell'Università della California a Irvine e del Jet Propulsion Laboratory della NASA. Rignot è l'autore principale di un fondamentale lavoro pubblicato nel 2014 su «Geophysical Research Letters», che ha usato i dati radar su un ampio settore dell'Antartide occidentale, concludendo che «sta subendo un'instabilità della calotta dei ghiacci marini che contribuirà significativamente all'aumento del livello dei mari per decenni o per secoli».

Nella stessa settimana un articolo su «Science» suggeriva, sulla base dei modelli, che il collasso della piattaforma glaciale antartica occidentale era già iniziato, rendendo inevitabile un aumento estremo del livello dei mari, probabilmente nel giro di due secoli. Ma Rignot pensa che questa tempistica potrebbe essere troppo prudente. Siamo ancora «totalmente privi» di veri dati osservativi sulle temperature oceaniche e sulle reazioni dei ghiacciai all'aumento della temperatura dell'acqua in alcune parti dell'Antartide, e ciò vuol dire che «è un dato di fatto che le nostre proiezioni tendono a sottostimare i cambiamenti del livello dei mari», dice.

Né Rignot né Jezek pensano che il nuovo satellite della NASA per il monitoraggio dei ghiacci, ICESat-2, lanciato a settembre, basterà a restringere le incertezze legate all'Antartide. Rignot suggerisce che si dovranno allargare le osservazioni aeree come quelle di IceBridge, accanto a osservazioni marine con veicoli subacquei senza equipaggio dotati di sonar multifascio, e nuove forme di tecnologia intelligente – «tutto un esercito di dispositivi robotici» – da inviare negli angoli più remoti del continente.

A questo scopo, in questi mesi vari gruppi di scienziati a guida statunitense e britannica stanno raggiungendo con aerei e navi rompighiaccio la zona più caratterizzante dell'Antartide occidentale, il massiccio ghiacciaio Thwaites, famigerato per la sua instabilità. Più di 100 scienziati di ogni parte del mondo studieranno le interazioni tra l'acqua oceanica in via di riscaldamento e la piattaforma glaciale per vedere come si sta riducendo, da sotto, lo spessore del ghiacciaio.

Grande quanto la Florida, il Thwaites è una specie di tappo che tiene bloccata gran parte dell'Antartide occidentale: se è destinato al collasso, presto sarà seguito da tutta la piattaforma glaciale. Più cose si riusciranno a capire sul modo in cui mutano le dinamiche di ghiacci, acqua oceanica e atmosfera, meglio si potranno sfruttare questi fattori per ottenere previsioni specifiche, regione per regione, sui livelli dei mari. I dati ci diranno quanto tempo hanno le popolazioni costiere per prepararsi al diluvio: se si tratta di secoli, o solo di qualche decennio.

Usare la natura

Nell'estate del 2014, quando Coleman ha firmato il contratto di vendita della sua vecchia casa e si è trasferita in un'altra, Woodbridge Township si avviava a diventare il sito del maggior progetto di riacquisto mai realizzato da Blue Acres. Fino a oggi, 142 proprietari hanno accettato le offerte, e circa 115 case, nel solo quartiere di Watson-Crampton, sono state rimosse, per lo più concentrate in una griglia di strade che copre poco più di 12 ettari. Pensando ai milioni di persone in tutto il mondo che dovranno

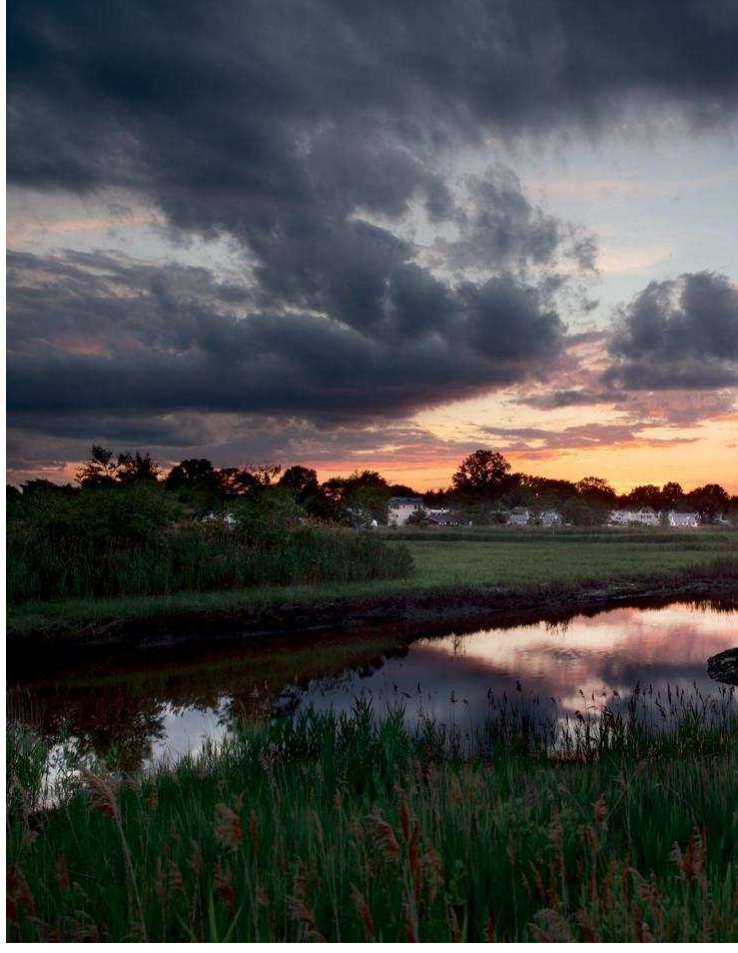
trasferirsi verso l'interno per sfuggire alle inondazioni in arrivo, sembrano numeri minuscoli, troppo piccoli per essere significativi. Ma quanto è accaduto a Woodbridge capovolge molti degli assunti tradizionalmente legati al riacquisto di queste aree: che i residenti non vogliono mai andarsene, che i politici non li appoggeranno mai, che il benessere ecologico dei sobborghi non vince mai sulla crescita immobiliare e che non c'è nessuno che si prepara a un futuro condizionato dal cambiamento del clima facendo scelte dolorose nell'oggi. «Quello che stiamo facendo qui è aprire la strada a un ampio dibattito su come gestire la ritirata dalle coste», dice Thomas C. Flynn, responsabile della municipalità per le aree alluvionali.

Ufficialmente il processo di riacquisto termina una volta demolite le proprietà. La municipalità di Woodbridge, però, si è ritrovata con molti terreni e grandi ambizioni: falciare i prati sembrava un po' poco. Si è quindi rivolta a Brooke Maslo, ecologa della Rutgers University, che collabora con un braccio applicativo dell'università nell'assistere le comunità del New Jersey mediante progetti basati sulla scienza. La parola «resilienza» si sente un po' dappertutto, «ma, in pratica, in che cosa si traduce?» chiede Maslo, che nel progetto di riacquisto di Watson-Crampton ha visto un'opportunità senza pari: ripristinare una piana alluvionale come zona cuscinetto per le altre municipalità contro la crescita del livello del mari. Maslo ha coinvolto Jeremiah Bergstrom, un architetto paesaggista con esperienza di progettazione di strutture di gestione delle acque di piena in ambienti urbani. «Per quanto ne so io, questo è il primo progetto di ripristino costiero inserito in un contesto di ritirata da zone residenziali», dice Bergstrom.

Usare la natura come infrastruttura è un concetto ormai acquisito – basta pensare alle mangrovie e ai banchi di molluschi utilizzati per assorbire l'impatto delle mareggiate – ma che in genere non si applica a luoghi densamente popolati come la cintura suburbana di New York. Liz Koslov, docente dell'Università della California a Los Angeles, che ha compiuto ricerche etnografiche sulle iniziative di riacquisto seguite a Sandy a Staten Island, dice che non le risulta che si sia mai discusso di che cosa fare dei terreni una volta demolite le case. «Gli abitanti dicono semplicemente di volere che "tornino alla natura", ma a guardar bene "natura" può voler dire un sacco di cose diverse», osserva. Karen O'Neil, una sociologa della Rutgers University che sta catalogando i casi di ritiro dalla costa su scala globale, aggiunge: «Di ripristino ecologico vero e proprio se ne vede poco o niente. Semplicemente, non esiste».

La comunità di Watson-Crampton, però, non può semplicemente tornare alla natura, perché è stata costruita su materiale di riporto. «Dobbiamo ricreare una nuova ecologia, una nuova natura», dice Bergstrom. Nell'ultimo anno la squadra incaricata del ripristino ha smantellato strade, valutato la qualità dei suoli e piantato oltre 950 alberelli per aumentarne la capacità di trattenere le acque e incoraggiare la crescita di un habitat salmastro ricco di biodiversità. Senza interventi, questi terreni diventerebbero una monocoltura di cannuccia di palude, una specie invasiva di canne che possono spezzarsi e creare fitti tappeti che finiscono per peggiorare ancora le inondazioni, spiega Flynn.

Maslo e il suo gruppo stanno smussando il profilo della depressione in modo da ridurre la velocità delle onde di marea che arrivano dal fiume passando sotto l'autostrada. Scaveranno un canale che raccolga le acque che tracimano nella speranza che le depressioni diano origine a uno specchio d'acqua permanente abitato da specie selvatiche. Maslo intende dimostrare che la municipalità può ottenere un compenso alle entrate fiscali perdute grazie a nuove attrazioni per i visitatori, come verde attrezzato e un molo per kayak. «Questa non è una landa desolata», dice.



La visione proposta da Maslo ha contribuito a convincere sindaco e amministrazione di Woodbridge a cambiare la destinazione d'uso delle zone oggetto di riacquisto (per un totale di quasi 50 ettari): da aree residenziali e zone umide a quella che è stata chiamata Open Space Conservation/Resiliency Zone. Nessuna nuova costruzione sarà consentita. Diciannove famiglie dell'area di Watson-Crampton oggetto dell'iniziativa di riacquisto si sono ostinate a restare. La municipalità ha avvertito questi «renitenti» che se mai in futuro volessero vendere, le loro case dovranno rispettare le nuove norme per le aree alluvionali, il che probabilmente significherebbe dover rialzare il terreno. Questi cambi di destinazione d'uso sono sempre controversi, perché sono in significativo contrasto con il carattere di scelta volontaria di tutto il processo. Senza di essi, però, arriverebbe probabilmente altra gente – quelli che possono permettersi premi assicurativi e costi di costruzione più alti – a prendere il posto di chi se n'è andato.

Da profughi a pionieri

Quattro anni dopo aver abbandonato la sua casa alle forze della natura, Coleman dice di non essersi minimamente pentita di aver accettato l'offerta di riacquisto. Come incentivo per restare nella stessa contea ha ricevuto una sovvenzione di 10.000 dollari che l'ha aiutata a comprare un altro villino unifamiliare a una quota più alta. Le difficoltà, finanziarie ed emotive, sono state forti, ma il modo in cui descrive la sua partecipazione al progetto trasforma la reazione a una disgrazia in una scelta deliberata. In un'epoca in cui tanti profughi ambientali saranno costretti a lasciare le proprie case perché l'acqua è troppa o troppo poca, Coleman si considera invece una pioniera della ritirata dalle coste: una persona

Un'area umida interessata dalle maree nei pressi del quartiere di Watson-Crampton, nel New Jersey. Nel 2050 probabilmente sarà sott'acqua.

che di fronte a un futuro incerto ha scelto di sfruttare il margine di azione autonoma di cui disponeva. «Non c'è nulla di peggio che ficcare la testa nella sabbia e resistere al cambiamento che ti succede intorno», dice. «Perché si finisce per sentire di essere costretti a prendere una decisione per cui non si è pronti».

McGee, intanto, lavora sui tempi lunghi. Nella primavera del 2018, cinque anni e mezzo dopo Sandy, Blue Acres sta ancora sottoponendo nuove proposte di riacquisto al governo federale. Woodbridge è al terzo giro di acquisizioni, con 7 dei 19 renitenti che rimangono nella zona di resilienza. «Prima di chiudere le sovvenzioni per una zona, aspetto di aver portato le demolizioni abbastanza avanti da permettere ai renitenti di rendersi conto di come sta cambiando il carattere della loro comunità», dice McGee. La sua tattica sta funzionando. Ha speso 172 milioni di dollari del fondo totale a lei assegnato, che nel frattempo è cresciuto man mano che altri programmi di ricostruzione fallivano e la FEMA deviava su di esso il denaro non utilizzato. Dopo Sandy, Blue Acres ha facilitato quasi mille offerte di riacquisto, di cui 713 sono state accettate dai proprietari. «Se penso al lavoro che ci è costato, è stato come se fossero 10.000 famiglie; ma la realtà è che è maledettamente difficile», dice McGee.

La zona di resilienza di Woodbridge non è ancora del tutto pronta a essere esibita come progetto pilota. Il lavoro non è terminato: è una zona di stagni e paludi senza attrezzature né attrazioni. Negli ultimi anni, man mano che le case venivano demolite un po' alla volta, lo scenario ricordava più un'inquietante area abbandonata che l'avanguardia di un positivo adattamento. Ma ora che quasi tutte le strutture sono sparite, e i contorni delle vecchie strade asfaltate cominciano a confondersi nell'erba, «somiglia di meno a una città fantasma e di più a un semplice pezzo di terra», dice Coleman, che ci torna a intervalli di qualche mese per vedere la transizione in atto. «Adesso sono le case a sembrare fuori posto».

Nessuno nega che invertire lo sviluppo edilizio di alcune aree costiere sarà complicato e costoso. Man mano però che l'approccio scientifico alla resilienza delle coste si apre alla collaborazione di soggetti diversi, la pratica della ritirata può diventare meno scoraggiante. Ritirarsi della costa, dopotutto, non significherà tracciare una linea un po' più all'interno, dal Maine alla Florida, e e spostare tutto più a est, spiega Bryan Jones, un geografo che realizza modelli delle migrazioni umane dovute al clima. I modelli, uniti all'intelligenza artificiale, stanno offrendo strumenti con cui i pianificatori possono «vedere che cosa succederebbe» se nella loro città facessero questa o quella scelta. Se, per esempio, in un modello si riacquistano 40 case in una certa zona, si ripristina la capacità del suolo di immagazzinare l'acqua, e si simula un'inondazione di quelle che arrivano una volta al secolo, ci sarà una significativa riduzione dei danni per le case adiacenti? Quali sono i costi e i benefici, sociali ed economici, del ripristinare una certa zona per proteggerne un'altra? È possibile definire zone sicure per coloro che devono spostarsi?

È su questo tipo di interrogativi che oggi stanno lavorando Fugate, che dirigeva la FEMA quando è arrivato Sandy, e altri. «Proprio come ha alimentato un'enorme espansione delle relative assicurazioni, la quantificazione dei rischi di catastrofe sta per generare un grosso settore economico dedicato alla riduzione dei rischi legati ai disastri», ha scritto Robert Muir-Wood nel suo libro del 2016 intitolato *The Cure for Catastrophe*.

Ma nei fatti quest'idea della ritirata è talmente nuova che sono in pochi a riflettere sul passo successivo: il trasferimento. «Su scala globale, prove molto solide indicano che la gente finisce di nuovo in posti a rischio», dice Jones. In un'indagine sulle famiglie di Staten Island che hanno aderito al riacquisto dopo il super uragano Sandy, Sherri Binder ha trovato che il 20 per cento di esse si erano spostate in case altrettanto, o più, vulnerabili al rischio di inondazione. La gente che comincia a spostarsi di poco verso l'interno incontrerà l'ondata di quelli che si stanno ancora muovendo verso la costa. Proprio come quando i cavalloni incontrano le onde riflesse dalla riva, il risultato potrà essere turbolento.

Come ha scritto Koslov, dell'Università della California a Los Angeles, sulla rivista accademica «Public Culture» nel 2016, «la complessità e l'ambivalenza dell'idea di ritirata servono a ricordarci che non ci sono soluzioni facili e che non è possibile ricostruire in eterno o costruire un muro dietro a cui isolarci dai problemi che abbiamo di fronte», ha scritto. La parola «ritirata» non indica solo lo spostamento fisico con cui riadattarsi alla marea che sale ma tutto un ripensamento dei nostri modi di vita accanto all'acqua. È la stessa parola che usiamo per processi geologici che gli esseri umani hanno innegabilmente accelerato. Si ritirano i ghiacciai, si ritirano le spiagge; lo faremo anche noi. ■

PER APPROFONDIRE

Against the Tide: The Battle for America's Beaches. Dean C., Columbia University Press, 1999.

Taking Chances: The Coast After Hurricane Sandy. O'Neill K.M. e Van Abs D.J. (*a cura*), Rutgers University Press, 2016.

The Water Will Come: Rising Seas, Sinking Cities, and the Remaking of the Civilized World. Goodell J., Little, Brown, 2017.

Rising: Dispatches from the New American Shore. Rush E., Milkweed Editions, 2018.

La tempesta del secolo (ogni due anni). Fischetti M., in «Le Scienze» n. 541, settembre 2013.

Addio 37 °C

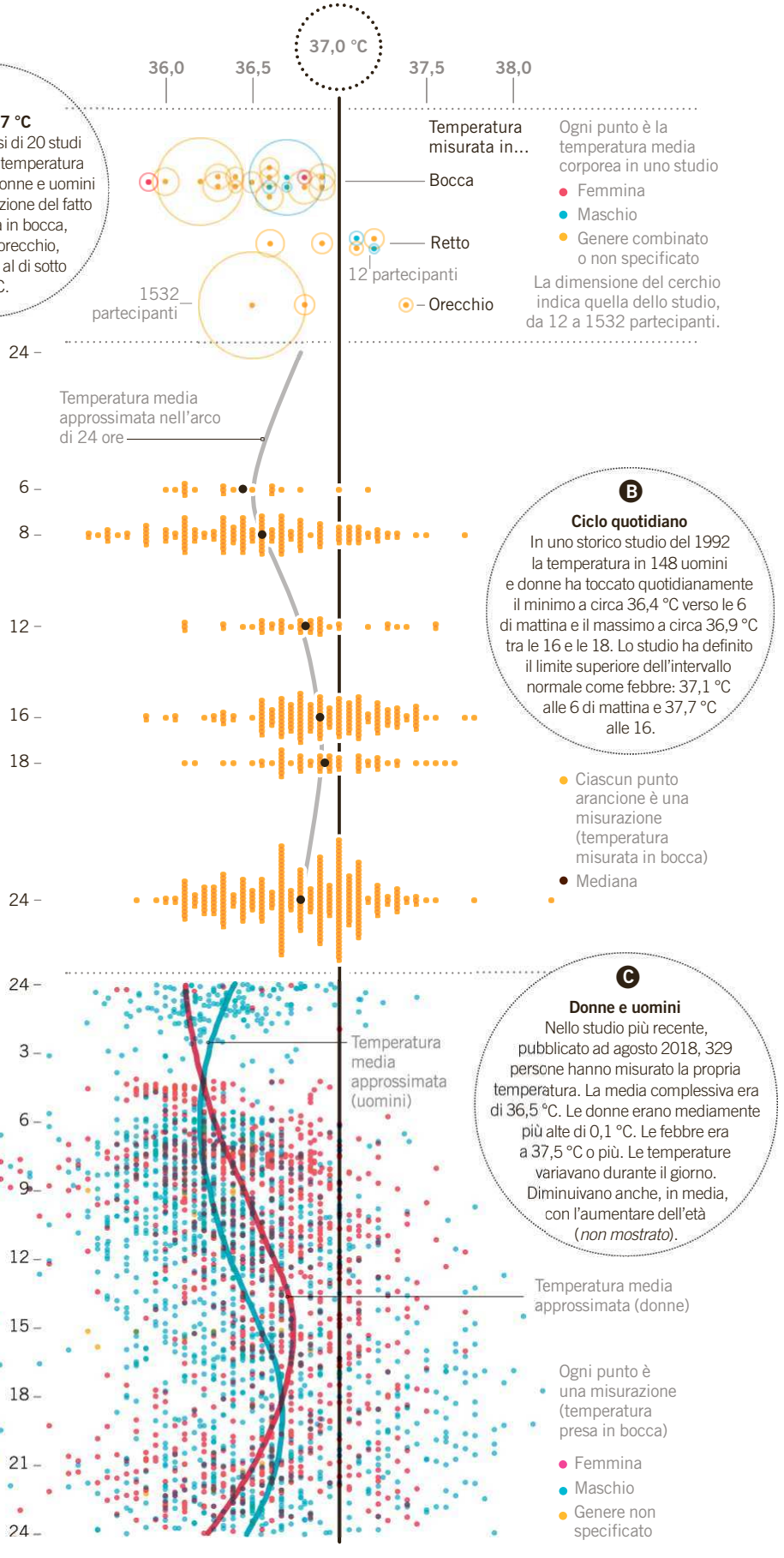
Le temperature del corpo sono più basse

La temperatura normale del corpo è 37 °C, giusto? Mica tanto. Non c'è un valore di base per gli esseri umani **A**, e se ci fosse, sarebbe più vicino a 36,5 °C. La temperatura varia durante il giorno, con un picco nel tardo pomeriggio e un minimo di primo mattino **B**. È leggermente più alta per le donne che per gli uomini **C**. Vent'anni di ricerca hanno smontato il valore di riferimento della temperatura normale, stabilito nel 1868, che pure resiste ancora. Una conseguenza importante, spiega Jonathan S. Hausmann, reumatologo al Boston Children's Hospital, che ha diretto lo studio più recente in merito, è la ridefinizione della febbre. La maggior parte dei dottori considera 38 °C o più, ma se la temperatura «normale» è più bassa, allora anche la soglia della febbre dovrebbe esserlo. Dovrebbe pure variare con l'andamento nella giornata ed essere personalizzata per ogni individuo, dice Hausmann: «Per un bambino, 37,2 °C alle quattro del mattino potrebbe essere un valore anomalo, ma essere normale alle quattro di pomeriggio».

Mark Fischietti

A

Meno di 37 °C
Nel 2002 un'analisi di 20 studi ha mostrato che la temperatura media corporea di donne e uomini in salute varia in funzione del fatto che sia misurata in bocca, nel retto o nell'orecchio, ed è spesso ben al di sotto di 37 °C.



B

Ciclo quotidiano
In uno storico studio del 1992 la temperatura in 148 uomini e donne ha toccato quotidianamente il minimo a circa 36,4 °C verso le 6 di mattina e il massimo a circa 36,9 °C tra le 16 e le 18. Lo studio ha definito il limite superiore dell'intervallo normale come febbre: 37,1 °C alle 6 di mattina e 37,7 °C alle 16.

C

Donne e uomini
Nello studio più recente, pubblicato ad agosto 2018, 329 persone hanno misurato la propria temperatura. La media complessiva era di 36,5 °C. Le donne erano mediamente più alte di 0,1 °C. Le febbre era a 37,5 °C o più. Le temperature variavano durante il giorno. Diminuivano anche, in media, con l'aumentare dell'età (*non mostrato*).

R.I.P.
Il medico tedesco Carl Wunderlich diffuse nella pratica clinica i termometri al mercurio e i grafici di temperatura. In un suo libro del 1868 fissò la temperatura media normale a 37,0 °C. È tempo di abbandonarla.

Fonti: *Normal Oral, Rectal, Tympanic and Axillary Body Temperature in Adult Men and Women: a Systematic Literature Review*, di Märtha Sund-LeVander e altri, in «Scandinavian Journal Of Caring Sciences», Vol. 16, n. 2, giugno 2002 (*A*); *A Critical Appraisal of 98.6 °F, the Upper Limit of the Normal Body Temperature, and Other Legacies of Carl Reinhold August Wunderlich*, di Philip A. Mackowiak e altri, in «JAMA», Vol. 268, n. 12, 23-30 settembre, 1992 (*B*); *Using Smartphone Crowdsourcing to Redefine Normal and Febrile Temperatures in Adults: Results from the Feverprints Study*, di Jonathan S. Hausmann e altri, in «Journal Of General Internal Medicine», pubblicato on line, 13 agosto 2018 (*C*)

di Paolo Attivissimo

giornalista informatico e studioso
della disinformazione nei media

L'uomo che pesò il mondo

Duecento anni fa un esperimento semplice e potente ha permesso di calcolare la massa della Terra

La diffidenza verso la scienza sembra aver raggiunto un picco pericoloso. Forse è opportuno ricordare che i fatti scientifici messi in discussione o liquidati come *fake news* da opinionisti, movimenti politici e presidenti di superpotenze non sono dogmi calati dall'alto: sono il risultato di osservazioni, misurazioni ed esperimenti. Alcuni di questi esperimenti hanno un'eleganza e semplicità troppo spesso dimenticata.

Prendete per esempio la massa della Terra. Quando una persona comune si sente dire che la massa del nostro pianeta è circa 5,97 x 10^{24} chilogrammi, è abbastanza comprensibile che possa avere la sensazione che sia un numero detto a vanvera. Come fanno gli scienziati a dirlo? Non possono certo aver messo il pianeta su una bilancia, e non sembra un dato verificabile.

Quattro sfere e un filo

Ma in realtà si tratta di un valore sorprendentemente facile da determinare, tramite un esperimento fattibile con modesto impegno e senza tecnologie sofisticate: lo fece per la prima volta lo scozzese Henry Cavendish addirittura più di 200 anni fa, fra il 1797 e il 1798, usando solo un'asta di legno, un filo metallico e quattro sfere di piombo, due piccole (cinque centimetri di diametro, 730 grammi) e due molto grandi (30 centimetri di diametro, circa 160 chilogrammi).

Con questi semplici oggetti, chiusi in una grande cassa di legno per evitare disturbi e interferenze, Cavendish costruì una bilancia di torsione sufficientemente sensibile da rilevare gli effetti della minuscola forza di attrazione gravitazionale fra le sfere grandi e quelle piccole montate alle estremità dell'asta appesa al filo: uno spostamento di poco più di quattro millimetri, ma comunque una dimostrazione visibile e concreta che la gravità esiste e funziona come dice la scienza, con buona pace dei terrapiattisti.

Il rapporto fra l'attrazione gravitazionale delle sfere grandi e quella della Terra sulle sferette permise a Cavendish di calcolare la massa del nostro pianeta applicando la formula della gravità universale elaborata da Isaac Newton nel 1687, con un errore strumentale di circa l'uno per cento.

L'importanza del metodo

Pesare un mondo usando solo legno, filo e piombo è un risultato notevole, paragonabile per eleganza e potenza a quello della misurazione della curvatura della Terra da parte di Eratostene nel III secolo a.C. usando solo la differenza fra le ombre in città distanti fra loro. Ed entrambe le dimostrazioni possono essere ripetute facilmente per eventuali dubbiosi.

È su risultati tangibili come questi che si è costruito il sapere scientifico. Non è stata una fantomatica «scienza ufficiale» a decidere la velocità della luce, la struttura degli atomi, la temperatura crescente della Terra o l'efficacia dei vaccini. Anche i risultati scientifici più sofisticati, alla fine, poggiano su altri risultati più semplici, a loro volta fondati su esperimenti e osservazioni ancora più elementari. La strada dal semplice al sofisticato è a disposizione di chiunque voglia ripercorrerla: non servono iniziazioni o strette di mano segrete.

Per avvicinare di nuovo l'opinione pubblica alla scienza forse serve rivisitare questi esperimenti così semplici, potenti e concreti che dimostrino le sue basi, invece di limitarsi a dispensare formule da un libro di testo.

Recitare aridamente agli studenti che l'accelerazione gravitazionale sulla Terra g è uguale a 9,81 m/s^2 è spiccio, ma suona come un *ipse dixit*; far cadere un palloncino pieno d'acqua dall'ottavo piano di un palazzo e misurarne il tempo di caduta con i video rallentati degli *smartphone* richiede più tempo, ma rende viva, reale e memorabile la scienza e ne imprime il metodo, prima che sia troppo tardi.

di Beatrice Mautino

biotecnologa, giornalista e comunicatrice scientifica. Tra i suoi libri più recenti *Il trucco c'è e si vede* (Chiarelettere, 2018)

Il vero rimbalzo del sebo

La produzione di questa sostanza oleosa non cambia con l'uso di creme e shampoo ma per sbalzi ormonali

È convinzione abbastanza comune che le sostanze contenute nelle creme per il viso o negli shampoo modifichino il comportamento delle ghiandole sebacee rendendole più o meno attive a seconda dei casi. Lo shampoo, lavando via il sebo, indurrebbe le ghiandole a produrne sempre di più. Le creme idratanti, invece, occluderebbero i pori, impedendo di secernere sebo e rendendo la pelle secca e disidratata, «incapace di difendersi da sola». Molti consigliano quindi di cambiare spesso i prodotti per non «abituare» la pelle. Sui siti dedicati ai cosmetici si parla di «effetto rebound» o di «rimbalzo del sebo» come fosse un meccanismo assodato. Ma è così?

Processo lungo e complicato

La produzione di sebo è un processo complicato e regolato da molti fattori, soprattutto ormonali. Il sebo è una sostanza oleosa composta da trigliceridi, cere, squalene e metaboliti la cui funzione ne rispecchia l'aspetto: unge pelle e capelli con il risultato di proteggerli.

A differenza di altri tipi di ghiandole, quelle sebacee sono «olocrine», cioè le loro cellule nascono, maturano e si disintegrano riversando tutto il contenuto nel dotto sebaceo, pronto per essere espulso e diffondersi in un sottile strato protettivo sulla pelle. Esperimenti svolti negli anni ottanta con marcatori radioattivi hanno permesso di misurare la velocità dei diversi passaggi di questo processo. Dal momento in cui la cellula matura alla completa escrezione del sebo passa circa una settimana. Sono necessarie in media 14 ore affinché il liquido oleoso attraversi il dotto sebaceo. Dobbiamo immaginarlo come un tubetto in cui il sebo si accumula ed esce, passivamente, via via che il sebo nuovo lo spinge verso l'uscita.

Si tratta di un processo lungo e, soprattutto, continuo, grazie a uno strato di cellule staminali alla base della ghiandola sebacea che genera periodicamente nuove cellule pronte per la maturazione e la trasformazione.

Questo sistema, però, non prevede un meccanismo di segnalazione dall'esterno all'interno. La pelle non ha strumenti per misurare la quantità di grasso presente sulla sua superficie e comunicare all'interno di accelerare o frenare la produzione. E anche se li avesse, l'effetto non sarebbe certo immediato e potremmo vederlo solo dopo molti giorni.

Una pura coincidenza

Come si spiegano quindi le esperienze di molte persone che osservano variazioni nella quantità di sebo sulla pelle o sui capelli in seguito all'uso di determinati prodotti?

Le risposte sono molte e diverse fra loro. La prima è la più semplice, anche se è quella meno intuitiva: l'accelerazione o il rallentamento del processo sono reali, ma i cosmetici usati non c'entrano. La causa la dobbiamo cercare negli sbalzi ormonali dovuti a disfunzioni o, banalmente, all'età che avanza, visto che l'attività ormonale ed endocrina nell'infanzia è diversa da quella della pubertà che è diversa da quella dell'età adulta. L'associazione con l'uso di shampoo e creme, in questi casi, è una pura coincidenza che il nostro cervello legge come un rapporto di causa ed effetto.

La seconda risposta potremmo definirla complementare alla precedente: la variazione nella produzione di sebo non c'è, ma sembra che ci sia e la responsabilità è proprio dei prodotti che usiamo. La detersione, per esempio, è un'operazione abbastanza aggressiva per la pelle. Può causare reazioni infiammatorie e irritazione che possono provocare lo svuotamento dei serbatoi e il rilascio di sebo in superficie. La quantità di sebo prodotta dalle ghiandole in questo caso sarà sempre la stessa, ma l'effetto sulla pelle sarà di un aumento immediato, dalla cui osservazione, molto probabilmente, ha avuto origine la teoria dell'effetto rebound o rimbalzo. Un esempio da manuale di osservazione di un fenomeno reale a cui, però, vengono attribuite cause sbagliate.

di Dario Bressanini

chimico, divulgatore, gastronomo. Autore di *Contro natura* (Rizzoli, 2015), *La Scienza della Carne* (Gribaudo, 2016)

Zucchero aerato

Il bicarbonato di sodio può essere usato per ottenere dolcetti di zucchero solidificato pieno di bolle all'interno

Il bicarbonato di sodio (o idrogenocarbonato di sodio, $NaHCO_3$) è un ingrediente comune in cucina, specialmente in pasticceria. È una sostanza alcalina che di solito è usata in combinazione con una sostanza acida per formare il comune «lievito chimico» venduto in bustine che si aggiunge agli impasti di torte, biscotti e altri prodotti da forno. L'acido, accuratamente e preventivamente dosato, a contatto con l'acqua reagisce con il bicarbonato e sviluppa anidride carbonica: un gas che serve a lievitare l'impasto e ottenere un prodotto con tante bollicine d'aria intrappolate che rendono leggero il dolce una volta cotto.

Senza acido

Il bicarbonato però può sviluppare anidride carbonica anche senza reagire con un acido, a patto che sia scaldato in presenza d'acqua a più di 80 °C. Provate a fare questo esperimento: mettete in un pentolino l'equivalente di un bicchiere o due di acqua e portatela all'ebollizione. Spegnete il fuoco quando inizia a bollire, aspettate un minuto per farla raffreddare un poco e gettate nel pentolino un cucchiaio di bicarbonato. Immediatamente vedrete svilupparsi bollicine di anidride carbonica generata dalla decomposizione del bicarbonato che si trasforma in carbonato di sodio.

Questa reazione è sfruttata di rado in pasticceria poiché l'anidride carbonica che si sviluppa, quindi il potere lievitante, è solo la metà di quella ottenibile con un acido. In più il carbonato di sodio che si produce è una sostanza molto più alcalina del bicarbonato e questo può interferire con le altre reazioni chimiche che avvengono durante la cottura di un dolce.

Finché le temperature non superano i 100 °C la reazione è abbastanza lenta, ma se il bicarbonato è riscaldato a temperature più elevate la decomposizione è velocissima. Per questo motivo è adatta a produrre bolle nello zucchero fuso. Nei paesi anglosassoni è tradizionale una preparazione chiamata *honeycomb* o *hokey pokey*, in cui si aggiunge il bicarbonato allo zucchero fuso a 150 °C, quando il caramello, con quel suo meraviglioso e inconfondibile aroma, inizia a formarsi. Per ridurre i rischi di bruciare il caramello di solito si aggiunge una parte di *golden syrup*: una miscela già caramellata di glucosio e fruttosio. Noi possiamo sostituirlo con sciroppo di glucosio in vendita in ogni supermercato nella sezione decorazioni per pasticceria.

Struttura friabile

Mettete 100 grammi di zucchero e 20 grammi di sciroppo di glucosio in un pentolino spesso e bagnate con un cucchiaio di acqua il tutto per facilitare la formazione del caramello senza formare grumi. Preparate a parte 5 grammi di bicarbonato (circa mezzo cucchiaio) setacciandolo in una ciotolina. Scaldate a fuoco medio lo zucchero senza mescolare o toccare la miscela: comincerà a bollire e via via diventerà limpida. Quando raggiungerà i 150 °C circa spegnete il fuoco. Aggiungete il bicarbonato e mescolate velocemente con una spatola in silicone o una frusta. Nel giro di pochi secondi vedrete la miscela gonfiarsi e diventare più scura a causa del pH alcalino. Versate tutto in una teglia che avrete ricoperto di carta da forno. Lasciate raffreddare per una ventina di minuti senza toccarla per non far collassare le bolle. Quando sarà tiepido potrete rompere in grandi pezzi lo zucchero solidificato.

Avrà un sapore di caramello, dolce ma anche amaro a seconda della temperatura che avrete raggiunto in cottura, e una struttura molto friabile con moltissime bolle all'interno. Se volete conservarlo dovete tenerlo al riparo dall'umidità, o diverrà appiccicoso. Io uso sacchetti di plastica con chiusura ermetica a zip.

Per una variante che dona un sapore diverso, invece di sciroppo di glucosio aggiungete 20 grammi di miele. E ricordatevi di indossare sempre un grembiule e occhiali protettivi quando si lavora con lo zucchero fuso.

Dolce e amaro. L'hokey pokey ha un sapore di caramello, dolce ma anche amaro, in funzione della temperatura raggiunta durante la cottura.

D. Pimborough/Shutterstock

I Rudi sono ospiti di un convegno di comunicatori della scienza dove però c'è un problema da risolvere che mette maschi contro femmine

Siate folli, siate strambi

«Toh, esiste davvero. Allora non scherzavi, Doc.»

La vecchia automobile perde un paio di colpi, quasi in sintonia con lo sguardo meravigliato e offeso che il dottor Silverbrahms lancia alla dottoressa Riddle. Sguardo peraltro non raccolto, perché la dottoressa sta ancora con gli occhi appesi al cartello stradale che annuncia l'ingresso nel ridente paese di Strambino.

«Vuoi dire che non avete creduto a niente di quanto sto dicendo da una settimana?», rantola Doc, con voce un'ottava sopra il normale.

«Non te la prendere, adesso – prova a raddolcirlo Alice – e mettiti nei nostri panni. Racconti di un'adunata generale e segreta di decine di cospiratori, usi parole come "folle di scienza", "folli", "strambi in aria", e per finire aggiungi che tutto succede in un posto chiamato Strambino: è un po' come credere che esista davvero Paperopoli, e che sia piena di paperi…»

Piotr parcheggia nella piazza del paese, offeso come Achille quando Agamennone gli scippa Briseide, e tace. I suoi due compagni lo seguono altrettanto silenziosi: sanno benissimo che non riuscirà a restare zitto a lungo. E infatti.

«Allora ve lo ripeto ancora, potrebbe persino succedere che adesso mi crediate, chissà», sibila fermandosi proprio davanti all'atrio del municipio: «È già il secondo anno che qui si tiene una "tre giorni" in cui convergono alcuni dei comunicatori della scienza italiani: fanno una sorta di *convention* per addetti ai lavori, che si chiama "Folle di Scienza", e discutono di divulgazione scientifica. Poi, l'ultimo giorno, alcuni di essi tengono una serie di conferenze divulgative nell'ambito dell'iniziativa chiamata "Strambinaria" in onore del paese ospite. Stiamo andando a questa, adesso. Riuscirete a farvene una ragione?»

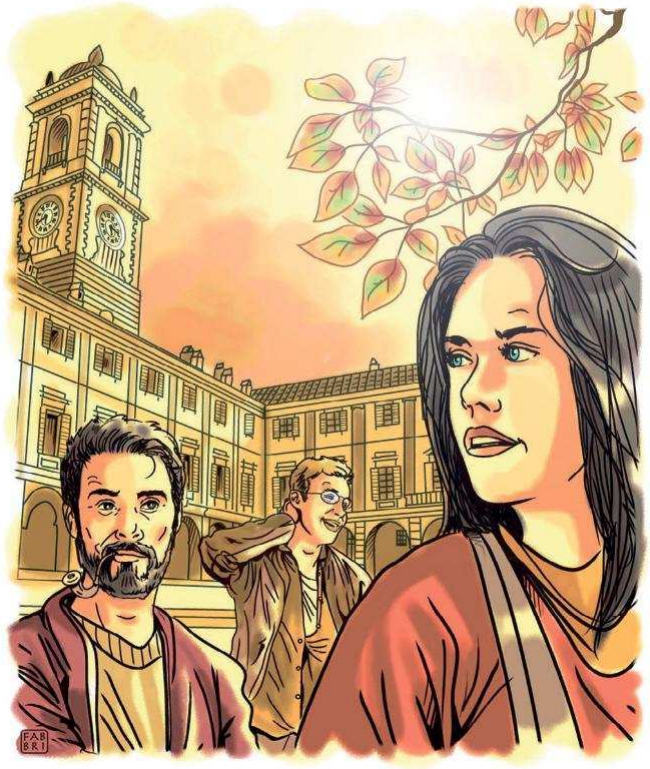
«Uhm – mugugna Rudy, svuotando la pipa ormai spenta – e siamo venuti per la sola parte aperta al pubblico? Poteva essere interessante anche quella per soli divulgatori…»

«Oh, certo che poteva – ironizza Piotr – ma temo che qui accettino solo divulgatori seri, cari i miei compagni di merende. Certo non elementi che confondono paperi e scienziati: ci sono stati 70 comunicatori al lavoro, qua, e altrettanti non è stato possibile ospitarli per ragioni logistiche. E noi, neanche siamo stati presi in considerazione…»

«Beh – fa Alice – un po' strano è, in effetti… non per noi, che si capisce presto che siamo cialtroni; però scriviamo sulla maggiore rivista di divulgazione italiana, ed è un peccato che "Le Scienze" non sia rappresentata…»

«E chi dice che non lo sia?»

Voce di contralto, caschetto di capelli castani che incorniciano l'ovale del viso leggermente (ma perfettamente e istituzionalmente) truccato, occhi che lampeggiano ironici; prima che i nostri possano voltarsi verso la sorgente del commento, Beatrice sorride e saluta: «Benvenuti, Rudi: non vi aspettavamo, ma è bello vedervi.»



«La Mautino…», bisbiglia Alice a Rudy: «Mi sa che stavolta abbiamo davvero esagerato con Doc, Capo.»

«Già. Non si può proprio dire che "Le Scienze" non sia rappresentata…», ammette il GC, prima di essere sorpreso da una vigorosa, benché amichevole, pacca sulla spalla.

«Guarda chi si vede!», la faccia di Dario Bressanini modula muscoli e rughe come se fosse disegnata da Jack Kirby, e il risultato finale è uno dei sorrisi più larghi registrati dalla fenomenologia dei lineamenti umani.

«…e rappresentata ampiamente», conclude Alice, mentre Rudy si affretta a voltarsi e ricambiare il saluto.

«Già – fa mogio Piotr – mancano solo i matematici, direi.»

«Ma che dici!», ride Dario. «Sto giusto correndo a raggiungere Andrea Plazzi: sarà uno dei maggiori esperti italiani di fumetti, ma è un matematico: sta per cominciare la nostra conferenza su Archimede.»

«Ah – mormora Rudy – però è più famoso come fumettologo che come matematico "vero", quindi…»

Illustrazione di Stefano Fabbri

di Rodolfo Clerico,
Piero Fabbri e
Francesca Ortenzio

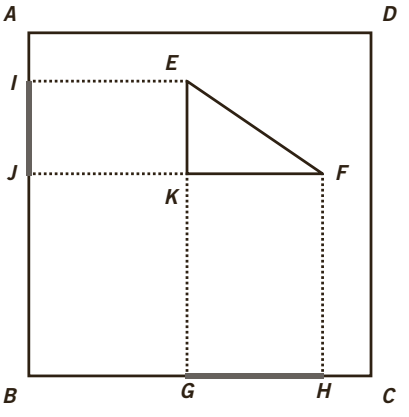
La soluzione del problema esposto in queste pagine sarà pubblicata in forma breve a gennaio e in forma estesa sul nostro sito: www.lescienze.it. Potete mandare le vostre risposte all'indirizzo e-mail: rudi@lescienze.it.

IL PROBLEMA DI NOVEMBRE

Il mese scorso si chiedeva di dimostrare l'esistenza di almeno una retta parallela a un lato di un quadrato unitario che venga attraversata almeno $n + 1$ volte, per ogni percorso casuale all'interno del quadrato che sia di lunghezza superiore a $2n$. Anche se era stato sceneggiato usando una gatta, la dimostrazione si basa su altri animali, e precisamente sul Principio della Piccionaia.

Nella figura, sia *EF* un generico tratto rettilineo del percorso e siano *GH* e *IJ* le sue proiezioni su *BC* e *AB*. Dalla diseguaglianza triangolare applicata al triangolo *EFK* è evidente che la somma delle due proiezioni è almeno pari alla lunghezza di *EF* (il caso di uguaglianza si ha nel caso di triangolo degenere, con *EF* parallelo a uno dei lati).

Ripetendo l'osservazione per tutti i segmenti della curva e sommando tra loro tutte le espressioni, si vede che la somma dei segmenti proiettati su *BC* più la somma dei segmenti proiettati su *AB* dovrà essere maggiore o uguale della lunghezza totale del cammino, ossia di $2n$. Da questo, si ricava che una delle due somme ha almeno valore n o superiore: essendo il quadrato unitario, tali segmenti dovranno sovrapporsi ed esisterà almeno una zona nella quale si sovrappongono più di n segmenti.



«Quindi la conferenza "matematica" l'abbiamo affidata a Luigi Civalleri. Niente male, no?»

«No, niente male…», ammettono i tre sottovoce, come un coro a bocca chiusa.

«Però tu, Dario: come sarebbe a dire che stai correndo via?», ringhia la Mautino: «T'ho fatto venire per aiutarmi a fare i *badge*! Anche io ho la mia conferenza sul trucco da finire!»

«Non ce la faccio proprio, Bea: però ho raccolto un po' di dati, guarda: metà delle persone che vanno alla mia conferenza su *Archimede* vanno anche alla *Uno-Due-Tre* di Luigi; e metà di quelli che vanno alla *Uno-Due-Tre* verranno anche alla tua sul *Trucco*. Ah, so anche qualcosa sulla conferenza di Alfonso su *von Humboldt*: metà delle persone che ci vanno vengono anche alla mia *Archimede*, ma vinci tu: alla tua *Trucco* vengono la metà più uno di quelle che assisteranno a *Humboldt*.»

«Ehm… non vorremmo impicciarci troppo, ma non potreste spiegarci…»

«Oh, Alice, che vuoi spiegare? I maschi sono del tutto inaffidabili, lo sai. Devo compilare dei maledetti badge per tutti gli spettatori delle conferenze, per stramaledette questioni di prenotazione. Ogni spettatore deve avere un cartellino con sopra scritte le conferenze a cui assisterà. E Dario doveva aiutarmi, ma…»

«Diamine – gongola Rudy – questa sembra quasi matematica ricreativa. Hai altri dati, oltre a quanto ha detto Dario?»

«Dati ne ho quanti ne vuoi: maledettamente troppi, per una neurobiologa divagatrice. Senti qua: un terzo delle persone che vanno a *Trucco* vanno anche sia ad *Archimede* che a *Humboldt*; tra le persone che vanno a *Trucco*, vanno ad *Archimede* e a *Humboldt* lo stesso numero di persone. E succede la stessa cosa per chi va a *Uno-Due-Tre*.»

Doc guarda Alice perplesso e bisbiglia: «Scherza, vero?»

«Magari scherzassi, Piotr», dice la Mautino dall'orecchio sopraffino: «E ho ancora questi tre bigliettini lasciatimi dal team, ecco: il numero delle persone che vanno a *Uno-Due-Tre* è uguale al numero delle persone che non vanno a *Humboldt*. Inoltre, il numero delle persone che vanno ad *Archimede* è uguale al numero delle persone che non vanno a *Uno-Due-Tre*. E per finire: il numero delle persone che vanno a *Trucco* è una in più di quelle che vanno ad *Archimede*.»

«Beh, io devo davvero andare, adesso – dice Bressanini con un'aria dispiaciuta falsa quanto una quadratura del cerchio – ma vorrei che Rudy venisse con me: è da una vita che volevo chiedergli dei ragguagli su…»

«Pronto! Eccomi! Ragguaglio benissimo su tutto, io, andiamo!»

«Benissimo, allora. Ah, piuttosto, Bea: mi sono dimenticato di dirti che… aspetta, dove l'ho scritto… ecco: chi va ad *Archimede* e a *Humboldt* va anche o a *Trucco* o a *Uno-Due-Tre*. E di questi, lo stesso numero va a *Trucco* o a *Uno-Due-Tre*. E poi… sì: tutti quelli che vanno a *Trucco* e a *Uno-Due-Tre* o vanno sia ad *Archimede* che a *Humboldt*, o a nessuna delle due. Nient'altro, mi pare.»

«E te la svigni così? Io devo ancora finire di sistemare le *slide* della mia conferenza!»

«Ti aiuto io, Beatrice – sorride Treccia – con le slide me la cavo, e vorrei proprio qualche consiglio su cellulite, rughe e struccanti. Qui ci pensa Doc, vedrai. A proposito, sui parabeni…»

«Parabeni? Ragguagli? Ci-pensa-Doc? Ehi, non crederete davvero che… insomma! Dove andate tutti quanti? Ma… ma… io non ci capisco niente di badge! Non so neppure quanti sono in tutto! E non provate a dire che posso calcolarmelo, che in quella sfilza di paranoiche informazioni non c'era neppure un numero a pagarlo a peso d'oro!»

Dario e Rudy sono ormai scomparsi, ma Alice e Beatrice, compassionevoli come solo gli esseri di sesso femminile sanno essere, rallentano, si fermano e sorridono.

«Un po' di ragione ce l'ha, vero Bea?»

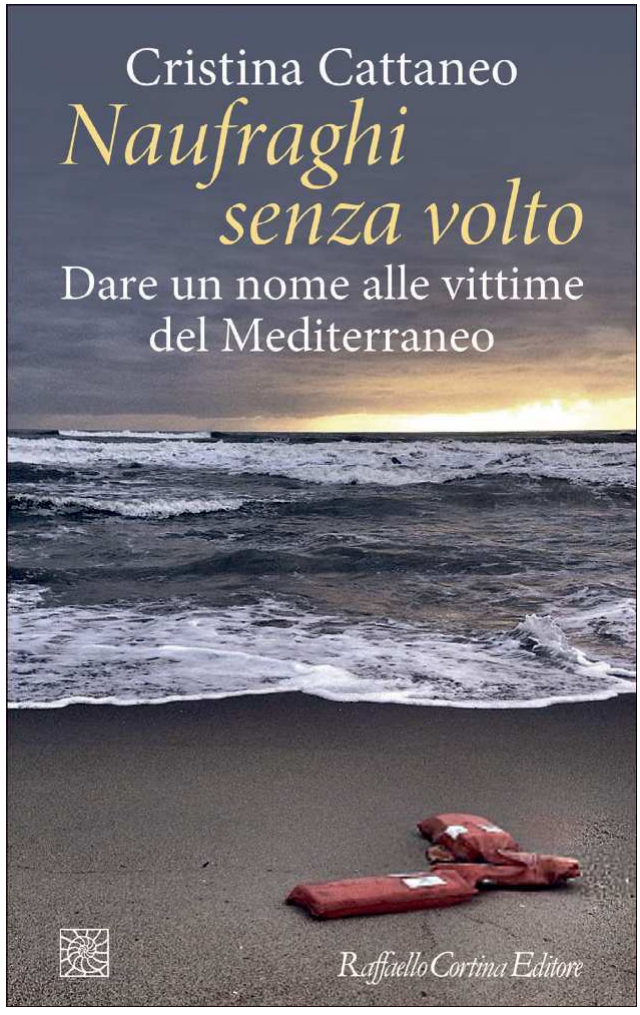
«Eh, sì… non possiamo lasciarlo così», risponde la Mautino, ed entrambe distendono i volti in un sorriso complice ed estatico: «Ma per fortuna mi sono appena ricordata che 12 persone vanno ad *Archimede*, a *Trucco* o a entrambe. Contento, Doc?»

…ridono le ragazze, ondeggiano sopra tacchi di sughero…(cit.)

Il riscatto di identità negate

La storia umana e professionale di chi ha restituito un nome a migranti naufragati

Naufraghi senza volto
di Cristina Cattaneo
Raffaello Cortina, Milano, 2018, pp. 200 (euro 14,00)



"Totò si sbagliava: la morte non è sempre una livella». Nemmeno le vittime di un disastro sono tutte uguali: non per tutte si fa lo sforzo di identificarle, seppellirle in modo degno, e risparmiare ai loro cari almeno la crudeltà dell'incertezza sul loro destino, che consuma l'animo al punto da dare un disturbo psichiatrico riconosciuto.

Il lungo lavoro per rendere un po' più uguali i migranti naufragati nel Mare Mediterraneo è il tema di questo libro, appassionante e delicato nonostante la crudezza del tema. L'inizio dell'avventura in realtà è tutto italiano. In un «laboratorio dal nome un po' sovietico», il LABANOF (Laboratorio di antropologia e odontologia forense) dell'Università degli Studi di Milano, il gruppo di antropologia forense è abituato a trattare due millenni di storie, dalla vittima di mafia sotto un palazzo dell'hinterland milanese ai resti archeologici di una matrona romana. «Studiamo tutta l'umanità che non c'è più, ma che attraverso il nostro lavoro si fa sentire».

Ma fino a pochi anni fa, in Italia come altrove, il sistema era disorganizzato. Mancava un organismo che raccogliesse e confrontasse i dati sulle persone scomparse e quelli sui cadaveri senza nome. Così «una ragazza che scappava da Roma e moriva senza documenti a Milano rischiava di finire sottoterra senza un nome per sempre, malgrado la scomparsa fosse stata regolarmente denunciata». Per rimediare, inizia una sorta di crociata che, nel 2007, porta a istituire l'Ufficio del commissario straordinario del governo per le persone scomparse (UCPS). Una struttura unica in Europa, pronta a raccogliere la chiamata della Croce rossa internazionale per un lavoro senza eguali di cui il nostro paese può andare fiero, rivendica Cristina Cattaneo, direttrice del LABANOF: recuperare i migranti morti nel Mediterraneo e dare loro un nome.

C'è un po' di scienza, in questo libro, con la spiegazione di come si procede a esaminare i corpi, raccogliere i dati e confrontarli con le foto, le informazioni dei familiari, la documentazione medica sulle persone scomparse. Con attenzione mai eccessiva, perché nemmeno un documento sul cadavere dà la certezza di chi sia: troppo spesso non è il suo. E lo *tsunami* del 2004 ha insegnato che il riconoscimento da foto può sbagliare una volta su tre. Serve l'esame attento di ossa e denti, impronte digitali, tatuaggi, cicatrici e ogni segno disponibile, e se possibile del DNA.

Ma c'è soprattutto tanto racconto. Lo sconcerto nel vedere la propria comunità professionale insolitamente inerte, e poi l'entusiasmo per le risposte positive di molti colleghi, una volta allestita la macchina delle identificazioni. La cautela nel rintracciare i familiari degli eritrei, il cui governo incarcera e tortura i parenti di chi fugge. L'orgoglio per un'impresa corale di tanti apparati del nostro stato, a partire dalla Marina Militare. La pioggia di emozioni contrastanti negli incontri con i familiari. Lo sgomento davanti alle foto delle vittime, ma ancor più alle loro cose. Forse perché «mentre le facce sono chiaramente "di altri", molti degli oggetti potrebbero facilmente essere i nostri»: una borsa di pelle con un *foulard* viola legato a un manico; un libro con appunti a penna e la copertina attentamente rivestita con carta plastificata; magliette della Juventus o del Real Madrid; un ragazzino con la pagella.

Infine, c'è l'urgenza di raccontare. Via via che le identificazioni arrivano, dimostrano senza più dubbi che si può fare. A onta di chi giudicava quel lavoro impossibile, per le condizioni proibitive sotto ogni aspetto, o peggio inutile, perché «questi morti non li cercava più nessuno». E se si può fare, conclude Cattaneo, si deve.

Giovanni Sabato

Il doppio lato oscuro del cosmo

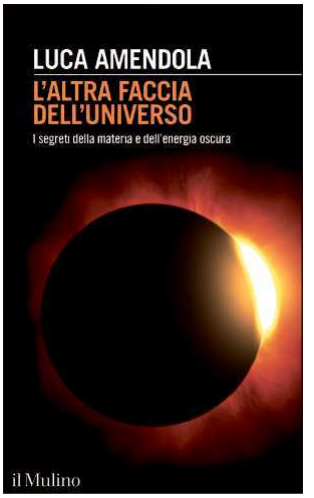
Una sintesi aggiornata per due ingredienti cosmici misteriosi

La ricetta per «cucinare» il nostro universo ormai è nota: 5 per cento di materia, 27 per cento di materia oscura, 68 per cento di energia oscura. Tutto molto semplice, all'apparenza, se non fosse che la natura del 95 per cento di questi ingredienti ci è totalmente oscura, se ci è consentito il gioco di parole. Già, perché materia ed energia oscura sono tali di nome e di fatto, nel senso che non solo non si vedono, ma non sappiamo nemmeno che cosa siano in realtà. In tutta questa oscurità resta una sola certezza: le osservazioni, i cui esiti sono inequivocabili, a meno di non sconvolgere la fisica che conosciamo.

È appunto da questa fisica – dai suoi «demoni», come li definisce l'autore, cioè la simmetria e l'incertezza – che prende le mosse il libro di Luca Amendola, professore di fisica teorica all'Università di Heidelberg, in Germania, e coordinatore del Theory Working Group della collaborazione internazionale Euclid, argomento con cui il testo si chiude. Euclid è la missione dell'Agenzia spaziale europea (il lancio è previsto nel 2021) dedicata proprio allo studio di materia ed energia oscure. Il testo è una sintesi accurata e aggiornata delle nostre attuali conoscenze su questi due ingredienti, presentati sia dal punto di vista teorico che da quello sperimentale e osservativo. Ma per presentare materia ed energia oscura l'autore si affida alla loro storia, raccontandoci dei ricercatori che ne hanno intuito l'esistenza, di quelli che l'hanno verificata indirettamente con le osservazioni, di quelli, ancora, che vorrebbero dimostrarla teoricamente, di quelli, infine, che vorrebbero rivelarla direttamente. Una storia avvincente e piena di colpi di scena, se si pensa anche solo alle alterne fortune della «costante cosmologica», una delle tante «invenzioni» del genio di Einstein.

Amendola accompagna il lettore con competenza e con passione, concedendosi anche qualche formula e alcuni riferimenti alla cultura *nerd*. Il risultato è una lettura piacevole e capace di arricchire anche chi ha già affrontato la lettura della ormai estesa letteratura divulgativa su questo tema.

Emiliano Ricci



L'altra faccia dell'universo
di Luca Amendola
il Mulino, Bologna, 2018,
pp. 168 (euro 14,00)

Analisi critica del datocentrismo

Promesse e sfide del mare di dati che pervade la società

Negli ultimi anni la ricerca scientifica è stata travolta da una valanga di dati ottenuti grazie allo sviluppo delle tecnologie informatiche, e questo incremento ha di fatto modificato alcuni aspetti delle pratiche scientifiche. Possiamo descrivere e prevedere in modo efficace fenomeni estremamente complessi, ma non è tutto oro quel che luccica. Le banche dati che raccolgono le informazioni possono essere per esempio poco accessibili, o non rendere trasparente l'origine delle informazioni, generando disparità e l'impossibilità di valutare la qualità di ciò che è conservato. Allo stesso modo, se l'analisi dei dati è affidata ad algoritmi di cui non conosciamo il codice, non possiamo sapere se il software ha introdotto qualche pregiudizio. In questi «buchi neri» si annidano rischi per la ricerca e la società. Uno scienziato potrebbe trovarsi tra le mani dati non affidabili o ormai superati, mentre i cittadini potrebbero non essere in grado di gestire la circolazione dei dati che li riguardano, o essere discriminati in base ad analisi fallaci.

Il libro analizza in modo chiaro e agile promesse e sfide (scientifiche, filosofiche e sociali) del «datocentrismo» che sta pervadendo scienza e società, evidenziando come sia necessario e urgente prendere alcuni provvedimenti per evitare distorsioni pericolose. Soprattutto, Leonelli, filosofa della scienza, indica la via della scienza aperta, con la trasparenza completa dei processi di produzione e gestione dei dati. Ognuno di essi dovrebbe essere corredato da una carta di identità che ne specifichi l'origine, come è stato ottenuto, cosa ci si può fare e così via. Tracciabilità e accessibilità totale delle informazioni dovrebbero ispirare le regolamentazioni internazionali (risultato parzialmente ottenuto con le direttive europee per la privacy, dette GDPR). Sarebbe necessario inoltre uno sforzo pubblico e condiviso per creare e mantenere le infrastrutture informatiche, così da evitare la chiusura dei dati all'interno di spazi privati.

La ricca bibliografia che correda questo volume aiuta il lettore ad approfondire il tema, su cui è necessario riflettere per garantire la democrazia del futuro.

Mauro Capocci

La ricerca scientifica nell'era dei big data
di Sabina Leonelli
Meltemi, Milano, 2018,
pp. 156 (euro 16,00)

Le meraviglie della botanica

Un percorso nell'arte per avvicinarsi al mondo vegetale

Piante termogeniche che trasformano i loro fiori in tiepidi *boudoir* per coleotteri in amore, offrendo calore e nutrimento in cambio di un aiuto nell'impollinazione. Pollini in grado di dare informazioni più precise delle tracce di DNA o delle impronte digitali sulla scena di un crimine. Erbari come giganteschi scrigni di dati che attendono di essere interrogati per rivelarci i loro segreti. Piante che accumulano oro come moderne versioni del mitologico giardino delle Esperidi... E l'arte come pretesto per raccontare una nuova storia: un quadro di Rivera o anche una vetrata medioevale diventano l'occasione per liberare il senso di meraviglia che è il motore del desiderio di conoscere.

Quest'ultimo libro di Renato Bruni, che insegna botanica all'Università di Parma, è un esperimento originale e ben riuscito di fusione tra linguaggi diversi. Il modello dichiarato è l'antica letteratura periegetica, quella in cui l'autore parte per un viaggio «attorno» a un luogo o a un oggetto per svelarne i lati nascosti e andare oltre. Lo spunto, in questo caso, viene da opere d'arte di periodi e autori diversi e distanti tra loro, che forniscono l'aggancio per parlare del mondo vegetale e di quanto possa riuscire a stupirci. Una raccolta di *mirabilia*, per l'appunto, come suggerisce il titolo. Si tratta di un libro «bello» anche nella sua curata veste tipografica, nella composizione ricercata della pagina e nella scelta delle opere d'arte che scandiscono i capitoli. La sua lettura è prima di tutto un'esperienza estetica, che si riflette in uno stile che non è quello consueto del saggio, ma sceglie di procedere per immagini visive e metafore.

Le due voci narranti (Vincenzo, che organizza eventi legati alla scienza, e Giovanni, che si occupa di arte), ispirate a figure reali, invitano il lettore a seguirle lungo il percorso di una mostra virtuale il cui primo obiettivo è imparare a guardare alle cose con più consapevolezza e profondità. In questo senso, il canale dell'arte si rivela un mezzo efficace per avvicinare alla botanica, una disciplina ancora troppo trascurata dalla divulgazione scientifica.

Anna Rita Longo

Mirabilia
di Renato Bruni
Codice Edizioni, Torino, 2018,
pp. 266 (euro 28,00)

I racconti di dieci alberi

Viaggio intorno al mondo con questi connettori naturali

Waorani, Shuar, Quichua: sono alcune delle popolazioni che vivono in diversi punti della foresta amazzonica. Hanno credenze e sistemi sociali diversi, ma le loro culture hanno un elemento comune: concepiscono la foresta non come composta da elementi separati, ma un tutt'uno. E solo dalla relazione materiale, e in egual parte spirituale, queste popolazioni riescono a sostenersi in un ambiente in cui la «guerra» per la sopravvivenza raggiunge probabilmente il livello più alto. C'è, in altre parole, una consapevolezza che nessuno degli organismi viventi è una monade, ma vive solo perché inserito in una rete più o meno allargata con altri organismi.

A partire proprio dalla foresta pluviale, il biologo statunitense David Haskell, già famoso per il suo *La foresta nascosta* (Einaudi), comincia un viaggio attorno al mondo alla scoperta di dieci diversi alberi, indicati fin dal sottotitolo di questo libro come i «grandi connettori naturali», i baricentri attorno ai quali ruota il network delle relazioni. Si passa così dall'albero del corallo delle Amazzoni al frassino verde caduto in un bosco del Tennesse e alle palme sull'isola di Saint Catherine al largo della Georgia, passando per il nocciolo che sosteneva le comunità medievali scozzesi e il pero cinese scovato in piena Manhattan. Ogni capitolo è uno scrigno, talvolta fin troppo luccicante, di aneddoti scientifici e considerazioni ecologiche. Ma sono elementi necessari allo scrittore Haskell per costruire la scenografia sulla quale si dipana lo spettacolo della vita, ora commedia, ora tragedia, sempre brulicante di molti più significati di quelli che un'occhiata superficiale lascia intravedere.

A colpire è l'attenzione ai suoni degli alberi e dei boschi, non solo quelli che sentiamo passeggiando distrattamente, ma anche quelli più difficili da percepire che danno ragione al titolo del libro e permettono di raccogliere informazioni altrimenti inaccessibili. Il risultato è un poetico libro di divulgazione scientifica, ma anche un saggio letterario che si vuole inserire nella tradizione di riflessioni sul rapporto tra uomo e natura a cui appartengono giganti come David Thoreau e John Muir.

Marco Boscolo

Il canto degli alberi
di David George Haskell
Einaudi, Torino, 2018,
pp. 312 (euro 28,00)

Una metafora di ghiaccio

Una mostra al MUSE di Trento racconta i ghiacciai da diverse prospettive

Nel *mokumentary*, un film di finzione girato come se fosse un documentario, *The Age of Stupid*, di Franny Armstrong (2009), un sopravvissuto ai capovolgimenti climatici fa *zapping* nell'immenso archivio video, una sorta di arca della nostra civiltà, che l'umanità ha organizzato per un futuro visitatore. Tra i video c'è uno spezzone di documentario in cui una guida alpina francese accompagna una famiglia inglese su un ghiacciaio, ricordando come una volta fosse molto più vasto e che ogni estate si ritira sempre più: un giorno scomparirà.

È uno dei più classici racconti, quasi stereotipato, che la regista britannica ha voluto inserire nel suo film, perché permette di «toccare con mano» gli effetti del cambiamento climatico, di misurarlo. Per esempio, come i visitatori possono apprendere visitando la mostra sui ghiacciai allestita al MUSE di Trento, si può scoprire che nel solo Trentino, dall'Ottocento ai giorni nostri, la perdita di superficie glacializzata si aggira attorno al 70 per cento; oppure che nello stesso periodo la perdita di superficie era in media lo 0,3-0,4 per cento all'anno, mentre oggi è l'1,5 per cento.

La mostra non si ferma solo agli aspetti legati ai cambiamenti climatici, ma considera diverse prospettive per raccontare i ghiacciai: dalle dinamiche e dalla distribuzione dei ghiacci nel mondo alle attività scientifiche che permettono di valutare la loro salute, passando per le avventure di coloro che li hanno esplorati e continuano a esplorarli, senza dimenticare i miti legati al ghiaccio e alla montagna. Per questo, accanto ai pannelli e alle splendide immagini che documentano questo ambiente, i curatori hanno inserito anche quattro video che trasportano il visitatore a picco sull'ambiente glaciale dolomitico nel «freddo patrimonio UNESCO» o in bicicletta nel Canada invernale alla scoperta dello sperduto villaggio di Tuktoyaktuk, a conoscere l'ispirazione che dal ghiaccio hanno tratto artisti di tutto il mondo o alla scoperta del ghiacciaio dell'Adamello minacciato dalle temperature più alte.

La speranza è che tutto ciò aiuti a capire la frase del poeta brasiliano Juremir Machado da Silva scelta come motto: «Il ghiacciaio è l'immagine più compiuta della nostra vita. Ci rappresenta in ciò che abbiamo di eterno e di effimero, di permanente e di mutevole».

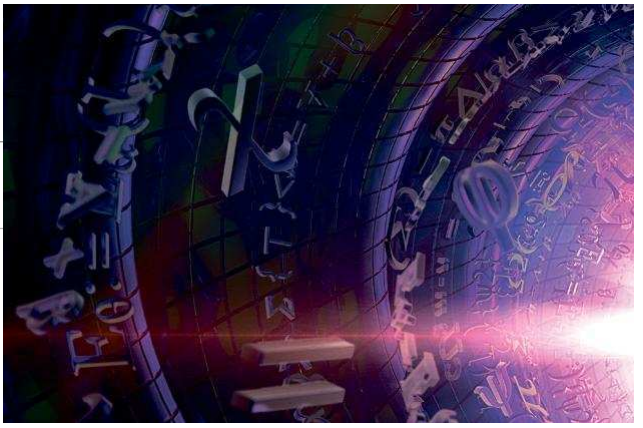
Marco Boscolo

Eterni ed effimeri. Alcune fotografie che accompagnano la mostra di Trento che guarda ai ghiacciai come misura del nostro tempo.

Cortesia MUSE (*tutte le foto, 3*)

Prossimo numero

a gennaio



Il problema insolubile

di Toby S. Cubitt, David Pérez-García e Michael Wolf

Una questione fondamentale di meccanica quantistica, il cosiddetto «problema del gap spettrale», rientra nella categoria delle affermazioni che Kurt Gödel definì «indecidibili», vale a dire di cui è impossibile dimostrare se siano vere o false. La scoperta suggerisce che siano indecidibili anche altri problemi importanti.

Dossier: la scienza delle disuguaglianze

di J.E. Stiglitz, R.M. Sapolski, V. Eubanks e J.K. Boyce

Gli effetti delle crescenti disuguaglianze economiche colpiscono negativamente ogni aspetto del benessere umano, e non risparmiano nemmeno la salute del pianeta.

Dieci tecnologie da tenere d'occhio nel 2019

di C. E. Lathan, A. Maynard, G. Ling, G. O. Schaefer, B. S. Meyerson, S. Y. Lee, J. Carbeck, E. O'Day, H. Alsafar, C. H. Collins, J. Garcia Martinez, A. Aspuru-Guzik

Intelligenza artificiale, cellule staminali, editing genomico, nanomateriali e molto altro: dieci settori di ricerca in cui l'innovazione tecnologica è già sul punto di cambiare le nostre vite.

LE SCIENZE S.p.A.

Sede legale: Via Cristoforo Colombo 90, 00147 ROMA.

Redazione: tel. 06 49823181
Via Cristoforo Colombo 90, 00147 Roma
e-mail: redazione@lescienze.it
www.lescienze.it

Direttore responsabile
Marco Cattaneo

Redazione
Claudia Di Giorgio (*caporedattore*), Giovanna Salvini (*caposervizio grafico*), Andrea Mattone (*grafico*), Cinzia Sgheri, Giovanni Spataro

Collaborazione redazionale
Folco Claudi, Gianbruno Guerrerio
Segreteria di redazione:
Andrea Lignani Marchesani
Progetto grafico: Giovanna Salvini

Referente per la pubblicità
A. Manzoni & C. S.p.A.
agente Daria Orsi (tel. 02 57494475, 345 4415852)
e-mail dorsi@manzoni.it

Pubblicità:
A. Manzoni & C. S.p.A.
Via Nervesa 21, 20139, Milano,
telefono: (02) 574941

Stampa
Puntoweb, Via Variante di Cancelliera, snc, 00040 Ariccia (RM).

Consiglio di amministrazione
Corrado Corradi (presidente), Michael Keith Florek (vice presidente), Gabriele Acquistapace, Markus Bossle, Stefano Mignanego

Responsabile del trattamento dati (D. lgs. 30 giugno 2003 n.196):
Marco Cattaneo

Registrazione del Tribunale di Milano n. 48/70 del 5 febbraio 1970.

Rivista mensile, pubblicata da Le Scienze S.p.A.
Printed in Italy - novembre 2018

Copyright © 2018 by Le Scienze S.p.A.

ISSN 2499-0590

Tutti i diritti sono riservati.
Nessuna parte della rivista può essere riprodotta, rielaborata o diffusa senza autorizzazione scritta dell'editore. Si collabora alla rivista solo su invito e non si accettano articoli non richiesti.

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor in Chief and Senior Vice President
Mariette DiChristina

President
Dean Sanderson

Executive Vice President
Michael Florek

Hanno collaborato a questo numero
Per le traduzioni: Francesca Bernardis: *Ripensare i finanziamenti, L'unione fa la forza, Click, bugie e videotape;* Alessandro Conflitti: *Rendere riproducibile la scienza*; Daniele Gewurz: *La fine della materia oscura?* Alfredo Tutino: *Sott'acqua, Terremoti in cielo?*

Notizie, manoscritti, fotografie, e altri materiali redazionali inviati spontaneamente al giornale non verranno restituiti.

In conformità alle disposizioni contenute nell'articolo 2 comma 2 del «Codice Deontologico relativo al trattamento dei dati personali nell'esercizio dell'attività giornalistica ai sensi dell'Allegato A del Codice in materia di protezione dei dati personali ex d.lgs. 30 giugno 2003 n.196», Le Scienze S.p.A. rende noto che presso la sede di Via Cristoforo Colombo, 90, 00147, Roma esistono banche dati di uso redazionale. Per completezza, si precisa che l'interessato, ai fini dell'esercizio dei diritti riconosciuti dall'articolo 7 e seguenti del d. lgs.196/03 - tra cui, a mero titolo esemplificativo, il diritto di ottenere la conferma dell'esistenza di dati, la indicazione delle modalità di trattamento, la rettifica o l'integrazione dei dati, la cancellazione ed il diritto di opporsi in tutto od in parte al relativo utilizzo - potrà accedere alle suddette banche dati rivolgendosi al Responsabile del trattamento dei dati contenuti nell'archivio sopraindicato presso la Redazione di Le Scienze, Via Cristoforo Colombo, 90, 00147 Roma.

ABBONAMENTI E ARRETRATI
GEDI Distribuzione S.p.A.
Casella Postale 10055 - 20111 Milano
Abbonamenti: abbonamentiscienze@somedia.it
Arretrati e prodotti opzionali: lescienzevendite@somedia.it
Ufficio abbonamenti e Servizio Grandi clienti
Tel. 0864.256266
Fax 02 26681991

Italia	
abb. annuale	€ 39,00
abb. biennale	€ 75,00
abb. triennale	€ 99,00
copia arretrata	€ 9,00
Estero	
abb. annuale Europa	€ 52,00
abb annuale Resto del Mondo	€ 79,00

Accertamento diffusione stampa certificato n. 8467 del 21/12/2017

Mark Ross Studios (*equazioni*); Vanessa Branchi (*tecnologie*)

OGNI MESE LE FRONTIERE DELLA SCIENZA A CASA TUA

ABBONATI A LE SCIENZE CON QUESTA IMPERDIBILE PROPOSTA SPECIALE

Più aumenta la durata, più aumentano i vantaggi

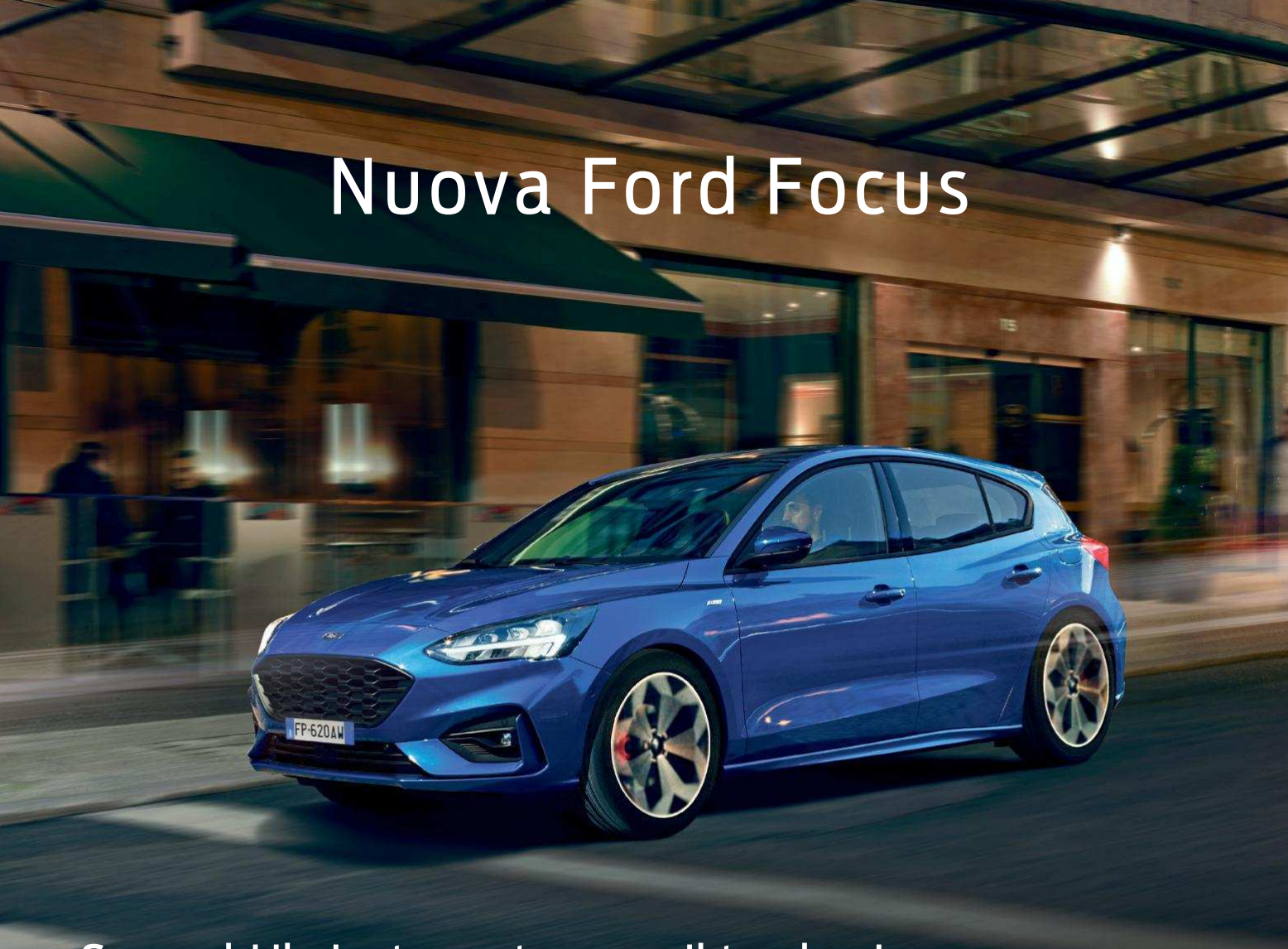
- **Risparmio esclusivo** con sconti fino al 44%
- **Consegna a domicilio** e non perdi neppure un numero
- **Archivio senza limiti** dal 1968 su www.lescienze.it

1 ANNO	2 ANNI	3 ANNI
€39,00	€75,00	€99,00
~~€58,80~~	~~€117,60~~	~~€176,80~~
SCONTO del 34%	SCONTO del 36%	SCONTO del 44%

Collegati al sito www.ilmioabbonamento.it
o telefona al numero 0864.25.62.66

le Scienze
edizione italiana di Scientific American

Nuova Ford Focus



Se cerchi il giusto partner per il tuo business. Questa è la tua Focus. Co-Pilot.

Equipaggiata con i sistemi di **assistenza alla guida** più evoluti, Nuova Ford Focus Co-Pilot rivoluziona la tua esperienza al volante. Il Ford **Co-Pilot Pack** in combinazione con il **cambio automatico a 8 rapporti** regola la velocità secondo i limiti stradali, gestisce frenata e ripartenza e mantiene la vettura al centro della corsia, anche in curva. Tutto questo riducendo emissioni, consumi e costi di gestione.

CON NOLEGGIO FORD BUSINESS PARTNER

€ 265 al mese Anticipo € 5.000 IVA ESCLUSA

SERVIZI INCLUSI

· Bollo · Assicurazione RCA · Copertura Kasko - Furto - Incendio
· Assicurazione infortuni sul conducente · Manutenzione ordinaria e straordinaria · Assistenza stradale · Gestione sinistri

Provala con il programma **TRY AND DRIVE**.
Scopri di più su fordbusiness.it o chiama il numero verde **800.22.44.33**

Ford
Go Further

Offerta valida fino al 31/12/2018 su Focus Business Co-Pilot 1.5 TDCi EcoBlue 120 CV Automatica, grazie al contributo dei Ford Partner che aderiscono all'iniziativa. Offerta Noleggio a Lungo Termine – Ford Business Partner: 36 mesi/60.000 Km, anticipo € 5.000. Il canone mensile comprende: Immatricolazione e Bollo, Assicurazione RCA (massimale 26mln, franchigia € 250), Copertura Furto (franchigia 10% su Eurotax Blu) Kasko/Incendio (franchigia € 500), PAI assicurazione infortuni sul conducente (massimale € 150.000 franchigia 3%), Manutenzione Ordinaria e Straordinaria, Assistenza Stradale, Gestione Sinistri. Spese apertura pratica € 150 addebitate con il primo canone. Gli importi riportati sono calcolati sul valore medio assicurato e potranno subire scostamenti. Salvo approvazione. Ford Business Partner è un marchio di FCE Bank plc. ALD Automotive Italia srl per Ford Business Partner. Le vetture in foto possono riportare accessori a pagamento. **Ford Focus: consumi da 3,5 a 5,9 litri/100 km (ciclo misto); emissioni CO2 da 91 a 138 g/km.**